WYDAWNICTWO POPULARNE

Stanisław Kramsztyk

KOMETY

i

GWIAZDY SPADAJĄCE

WARSZAWA
NAKŁAD GEBETHNERA I WOLFFA
KRAKÓW — G. GEBETHNER I SPÓŁKA

1899

KOMETY I GWIAZDY SPADAJĄCE

Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego, Warszawa, Nowy-Świat 34.

WYDAWNICTWO POPULARNE

Stanisław Kramsztyk

KOMETY

i

GWIAZDY SPADAJĄCE

WARSZAWA
NAKŁAD GEBETHNERA I WOLFFA
KRAKÓW — G. GEBETHNER I SPÓŁKA

1899

Дозволено Цензурою.
Варшава, 28 Іюля 1898 года.

I.

Ogólne objawy komet.

W maleńkiej, ale dotąd słynnej książeczce, zatytułowanej skromnie „Tirocinium linguae latinae ad asum classis primae“, o kilka wierszy poniżej klasycznego zdania „Terra est rotunda et globosa“, streszczona była również dobitnie inna jeszcze sentencya astronomiczna: „Cometae rari et ob hoc mirabiles sunt“. Jakby niedosyć groźną dla chłopców owoczesnych była ta mała książeczka, trzebaż było, by na pierwszej zaraz jej stronie występowały gwiazdy ogoniaste, które dopełniały przerażenia, tak, że, jak umysłom średniowiecznym, wystraszonym ukazaniem się rózgi na niebie, wraz z całą książką łacińską wydawały się wprost z piekła rodem. Jakżeż istotnie straszne być musiały te rzadkie i dziwaczne na niebie zjawiska, skoro wyłamywały się nawet z pod twardych przepisów gramatyki, przyjmując

wbrew zakończeniu swemu rodzaj męzki. Ale też, skoro uległy wreszcie gramatyce, groźny i srogi kometa przeobraził się wnet w okazałą i ponętną nawet kometę; odkąd zaś wzrok astronoma „szklane wziął skrzydła“, poznano, że nie są one bynajmniej tak rzadkie, jak „Tirocinium“ głosiło, corocznie bowiem odwie-



Fig. 1. Kometa Enckego.

dza nas przecięciowo kilka komet, skromnej zwykle bardzo postaci, która dziwactwem zgoła nie uderza. Złowieszcza w wyobraźni ludu rózga jest wprawdzie dla Chińczyka miotłą nawet całą, dla Greka jednak była tylko warkoczem, jak sama nazwa komet wskazuje, a w słownictwie naukowem otrzymała nazwę ogona; drobna zaś, teleskopowa kometa, okiem

nieuzbrojonem niewidzialna zgoła, jest zaledwiem obłoczkiem, w którym, niezawsze zresztą, daje się wyróżnić jądro, świecące jak gwiazda jedenastej może lub dwunastej wielkości, otoczona mgławicą, czyli tak zwanym „warkoczem“ (coma). Dla przykładu przedstawiamy tu słynną kometę Enckego (fig. 1),



Fig. 2. Kometa Brorsena.

o której następnie jeszcze mówić nam przyjdzie, jak ją widziano w r. 1868. Również teleskopowa i również peryodyczna, to jest wracająca w statecznych odstępach czasu, jest kometa Brorsena (fig. 2), w której, jak to się zresztą nieraz zdarza, dostrzegamy nie jedno, ale kilka jąder.

Podobnież skromną i niepozorną postać

posiadają wszystkie w ogólności komety, gdy w znacznem jeszcze od nas oddaleniu dostrzega je czujny wzrok astronoma za pośrednictwem teleskopu. Niekiedy tylko, i to wtedy dopiero, gdy wkroczy już do dziedziny słonecznej, gdy znajdzie się w obszarze planet i „jak owych gwiazd chór nadstawia się słońcu“, wtedy dopiero roztacza strojną swą szatę i w pełnej wspaniałości ukazuje się oku zwykłych dostrzegaczy. Typową postać wielkiej komety daje nam kometa Donatiego z r. 1858, jedna z najwspanialszych, jakie się w czasach nowszych ukazały, a którą wielu jeszcze w żywej zachowało pamięci (fig. 3). Rozwijała się ona stopniowo, z niepozornych bardzo początków. Jako drobną mgławicę dostrzegł ją najpierw astronom Donati we Florencyi 2-go czerwca 1858 r., i postać tę zachowywała dosyć długo; w połowie dopiero sierpnia rozwijać się zaczął jej ogon, a w końcu miesiąca, gdy gwiazda oku nieuzbrojonemu widoczną się stawała, miał zaledwie $\frac{1}{2}^0$ długości, czyli nie przechodził średnicy księżyca. Od tej wszakże chwili powiększał się szybko, a w pierwszej połowie października, wkrótce po przejściu komety przez jej punkt przysłoneczny, czyli przez najbliższy słońca punkt jej drogi, rozwinął blask swój najwyższy. Najokazalej przed-

stawiała się kometa d. 5 października, gdy głowa jej przypadała w pobliżu Arktura, gwiazdy pierwszej wielkości z konstelacyi Wolarza, jak to właśnie rycina nasza wskazuje. Ogon opisywał wtedy na niebie długość 60°, czyli wy-



Fig. 3. Kometa Donatiego.

równywał 120 średnicom księżyca, a przybierając postać wachlarzowatą, obejmował na skrajnym swym końcu 10° szerokości; towarzyszyły mu nadto dwie jeszcze smugi, słabsze i wązkie, prostolinijne prawie. W dalszej swej drodze pomknęła kometa ku południowi

i w końcu października ukryła się przed okiem mieszkańców północy, na półkuli południowej można ją wszakże było śledzić aż do marca 1859 r.

Podobnie jak ta pamiętna kometa Donatiego, tak też w ogólności i każda inna, gołem okiem widziana kometa składa się z głowy i ogona. Głowa wydaje się, jakby gwiazdą zamgloną, silniej lub słabiej błyszczącą, a w której dalej wyróżnić możemy jądro i otaczającą ją powłokę, zwaną warkoczem. W bezpośredniem zresztą zetknięciu z jądrem warkocz n słabo się od niego wyróżnia i dopiero w miarę, jak się coraz dalej rozprzestrzenia, na blasku swym traci.

Ogon jest widocznem przedłużeniem warkocza i stanowi jakby prąd światła matowego, który słabnie w miarę, jak się od głowy komety oddala i niknie wreszcie dla oka. Szczególną jest jego właściwością, że zawsze jest od słońca odwrócony, czyli, innemi słowy, przypada na przedłużeniu promienia wodzącego, to jest linii łączącej słońce z każdochwilowem położeniem komety (fig. 4); wraz z biegiem jej przeto zmienia się wciąż kierunek ogona, który przytem jest często skrzywiony i wypukłością zwrócony w stronę, w którą się kometa posuwa, jakby z trudem drogę swą

naprzód torował. Bywa zresztą rozmaitej bardzo długości, tem w ogólności jaśniejszy i rozleglejszy, im jaśniejsza jest głowa komety. Zachowały się w pamięci ludzkiej komety, których ogony ciągnęły się na długości przechodzącej połowę sklepienia niebieskiego, obejmując 100 i więcej stopni, jak kometa z r. 1843. Rozumie się wszakże, że jest to wielkość pozorna, zależna od odległości, w jakiej kometa

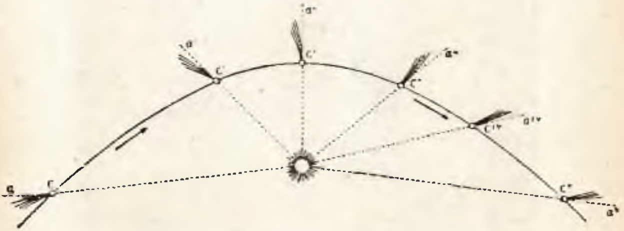


Fig. 4. Kierunek ogonów komet względem słońca.

przypada, sam bieg jej wszakże pozwala nam odległość tę oznaczyć, a stąd możemy już i rzeczywiste jej wymiary obliczyć. W taki więc sposób oceniono, że ogon komety Donatiego miał długości 70 milionów kilometrów, wyrównywał zatem połowie odległości, dzielącej nas od słońca.

Jak już powiedzieliśmy, każda kometa przedstawia się pierwotnie, jako drobna jedy-

nie mgławica. Gdy ogon rozwijać się zaczyna, ukazuje się on po stronie przeciwnej względem słońca, przyczem jednak występują i odgałęzienia, dające pozór, jakoby tu był drugi jeszcze ogon, w stronę słońca zwrócony. Powłoka czyli warkocz komety Donatiego, jaki widzimy na fig. 5, miała postać wachlarza, złożonego



Fig. 5. Głowa komety Donatiego.

z łuków kołowych, które się od jądra kolejno oddzielały i na zewnątrz usuwały. Ogon właściwy komety jest od wachlarza tego odwrócony; widzimy nadto, że część jego środkowa ciemniejsza jest, aniżeli brzegi, jak to często u jasnych komet ma miejsce.

Osobliwe te objawy, w głowach komet zachodzące, a które teleskop dopiero zdradził,

okazują zresztą różnice bardzo dobitne, a zapewne nigdy nie było dwu komet zupełnie do



Fig. 6. Kometa wachlarzowa 1861 r.

siebie podobnych. Tak, naprzykład, zupełnie odmiennie, aniżeli poprzednia, przedstawia się

kometa, która w trzy lata po niej, dnia 30 czerwca 1861 r., wynurzyła się nagle z promieni słonecznych, ale jaśniała tylko przez czas bardzo krótki (fig. 6). Ogon, według dostrzeżeń pod pogodnem niebem Europy południowej, rozstrzelił się w wachlarz tak szeroki, że wy-



Fig. 7. Głowa komety w r. 1861.

dawał się, jakby z kilku oddzielnych części złożony. Głowa (fig. 7) była również złożona z powłok świetlnych, ale rozłożonych inaczej, aniżeli w głowie komety Donatiego, a zmianom ulegała tak szybkim, że po trzech dniach, 2-go lipca, wydawała się już jakby utworem zupeł-

nie odrębnym. Nagłe ukazanie się tej komety w pełnym blasku tłumaczy się znacznem zbliżeniem jej do ziemi, dnia 30 czerwca bowiem oddaloną od nas była zaledwie na 15 milionów kilometrów, co stanowi dziesiątą tylko część odległości naszej od słońca; a że nadto przebiegała drogę prostopadłą prawie do ekliptyki, czyli do płaszczyzny, na której droga ziemi przypada, przemknęła więc szybko i rychło skryła się pod poziomem naszym. Dla tak blizkiego też jej sąsiedztwa ogon zajmował na niebie rozległość większą, niż ogon komety Donatiego, chociaż w samej rzeczy był od niego znacznie krótszym; przy najsilniejszym swym rozwoju sięgał na 30 milionów kilometrów tylko, gdy istotna długość poprzedniego, jak już przytoczyliśmy, wynosiła 70 lub 80 milionow kilometrów. Wachlarzowato rozpostarty ogon tej komety nasuwa nam na myśl kometę z roku 1744 (fig. 8), słynną tem, że w przysłonecznem swem przejściu rozwinęła aż sześć odrębnych, prawie jednakowo długich i jednakiego blasku ogonów; była ona tak jasną, że widziano ją okiem nieuzbrojonem w południe, gdy Wenerę, najświetniejszą z planet, w wyjątkowo tylko korzystnych warunkach bystry wzrok za dnia dojrzeć może. Ze względu zaś na osobliwe

objawy, dokoła jądra zachodzące, pamiętną jest, między innemi, i kometa Coggia z r. 1874.

Różniące się w szczegółach objawy, występujące w głowach różnych komet, zdradzają wszakże, że z jądra wyrywają się bądź to ustawicznie, bądź w pewnych odstępach czasu prą-



Fig. 8. Kometa 1744 r. o sześciu ogonach.

dy substancyi świecącej, która przechodzi w ogon komety i coraz dalej w nim się posuwa. Wszystkie zaś te objawy występują tem świetniej i potężniej, im kometa bardziej się do słońca zbliża; niewątpliwie tedy rozwijają się pod wpływem słońca, a najwyższe natężenie swe osiągają dopiero, gdy kometa przekra-

cza już punkt przysłoneczny swej drogi i już się zatem od słońca oddala. Szczegół ten wszakże, na pozór osobliwy, nie może się wydawać zagadkowym, jest on bowiem następstwem ciągłego sumowania się działań. Dla tego to chwila najwyższego skwaru dziennego przypada, nie w samo południe, ale we dwie dopiero godziny później, gdy się już słońce w pozornym swym biegu dziennym ku poziomowi obniża; tak samo też najgorętsze miesiące roku są lipiec i sierpień, gdy dnie już krótszemi się stają.

II.

Drogi komet.

Przytoczone dotąd przykłady komet okazują tak dalece różne, tak odrębne formy, że zapytać można, co upoważnia nas do tworzenia z nich jednej kategoryi ciał niebieskich, do skupiania ich we wspólną grupę. Dzieje się tu wszakże toż samo, co w każdej klasyfikacyi naukowej; tak zoolog zwierzęta typów napozór zgoła odrębnych, jak, dajmy, jaszczurki, węże i żółwie, do jednej gromady zalicza. Podobnież i komety, pomimo tak różnych kształtów, przedstawiają w budowie swej cechy nie-

wątpliwego pokrewieństwa; przedewszystkiem zaś wspólność komet polega na ich ruchu, na zbliżonej postaci dróg, jakie przebiegają.

Podobnie, jak wszystkie ciała niebieskie, komety biorą udział w ruchu dziennym sklepienia niebieskiego, wschodzą i zachodzą, jak słońce, księżyc lub gwiazdy, co jest wszakże odzwierciedleniem jedynie obrotu osiowego ziemi. Posiadają jednak i ruch własny, przesuwają się bowiem na niebie między gwiazdami, a ruch ten jest niekiedy tak szybki, że widziano komety, opisujące w ciągu doby łuki o 40 i więcej stopniach. Przebiegają nadto niebo we wszelkich kierunkach, nie krępując się bynajmniej pasem zwierzyńcowym, który jest siedliskiem planet, i zakreślają swe drogi śród gwiazdozbiorów najbardziej od strefy tej oddalonych. Bieg ich wydaje się bardzo osobliwym; niekiedy ukazują się nagle, posuwają się szybko w pewnym kierunku, potem znów bieg swój zwalniają, zatrzymują się nawet na czas pewien zupełnie i cofają ruchem wstecznym, aż wreszcie nikną dla nas, już to oddalając się od słońca, już przechodząc w niewidzialne dla mieszkańców północy okolice nieba. Dziwaczne te wszakże ruchy są pozorne tylko; bieg komety jest w samej rzeczy prawidłowy zupełnie, zawikłania zaś stąd jedynie

wypływają, że i my sami, skutkiem współczesnego biegu ziemi, zmieniamy wciąż swe stanowisko obserwacyjne, a niemając o ruchu swym świadomości, wszelkie zmiany położenia przypisujemy komecie wyłącznie, co sprowadza zamęt znaczny wtedy zwłaszcza, gdy w pewnych punktach swej drogi kometa jest bardzo do ziemskiej naszej bryły zbliżona.

Odkąd Kepler poznał, że planety krążą po elipsach, a Newton wykazał, że ruch taki jest następstwem przyciągania słońca, nasuwał się domysł, że i komety temuż samemu ulegają prawu. Sławny gdańszczanin Heweliusz i uczeń jego Dörfel przypuścili pierwsi, że komety biegną po parabolach, a Newton istotnie wykazał, że drogą wielkiej komety 1680 roku była parabola, lub też przynajmniej elipsa bardzo wydłużona.

Rozstrzygnięcie kwestyi, czy droga danej komety jest elipsą, czy też parabolą, nastręcza zawsze istotnie trudności, co stąd wypływa, że kometę widzimy jedynie wtedy, gdy dostatecznie jest do słońca zbliżona, a gdy się od niego usuwa, oddala się zarazem i od nas i przed wzrokiem naszym kryje. Śledzić możemy ją przeto w drobnej tylko części jej drogi, a w łuku tak niewielkim elipsa schodzi się z parabolą (fig. 9); rozpatrując bieg komety

między gwiazdami, dopóki jej z oczu swych nie utraci, oznaczyć może astronom taki tylko łuk drobny, a resztę jej drogi rachunkiem uzupełnić musi, to zaś łatwo pozostawia wątpli-

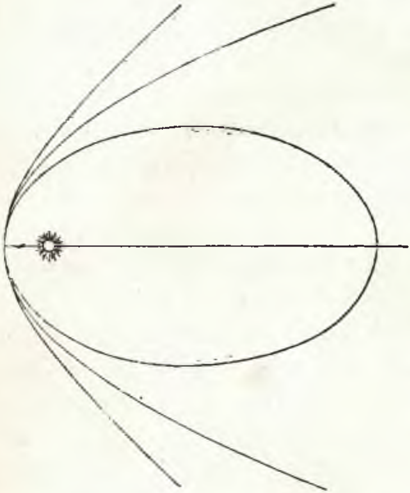


Fig. 9. Elipsa, parabola i hyperbola.

wość, czy ten łuk zaobserwowany jest częścią bardzo wydłużonej elipsy, czy też paraboli.

Rozmaitość ta atoli doniosłego jest znaczenia, elipsa bowiem jest liniją krzywą zamkniętą, gdy odnogi paraboli wybiegają do nieskończoności. Kometa tedy po elipsie krążąca

wracać musi do nas w statecznych odstępach czasu, kometa natomiast, która istotnie po paraboli biegnie, już do nas nie zawita, ale, obiegłszy łuk swój w pobliżu słońca, oddali się w bezmierną przestrzeń wszechświata. Toż samo też zachodzi, gdy droga komety jest hyperbolą, której rozgałęzienia silniej są jeszcze rozbieżne. Ruch paraboliczny jest tylko przejściowy między biegiem eliptycznym a hyperbolicznym, zależy zaś od prędkości, z jaką się ciało niebieskie posuwa.

Pocisk, wybiegający z działa, ulegając współcześnie działaniu dwu wpływów, sile rzutu, która mu prędkość nadała, i ziemi, która go ku sobie pociąga, przebiega drogę krzywolinijną i pada wreszcie na powierzchnię ziemi; gdyby wszakże ożywiony był prędkością znaczniejszą, aniżeli na to środki nasze dozwalają, gdyby mianowicie rzucony został siłą, któraby mu nadała szybkość co najmniej 11 kilometrów na sekundę, jużby na ziemię nie wrócił, pokonałby zupełnie wpływ jej przyciągający, wybiegłby w przestrzeń pozaziemską a uległszy przemożnemu przyciąganiu słońca, opisywałby odtąd dokoła niego drogę, jakby nowa planeta.

Podobnież i ziemia obiega stateczną swą drogę dokoła słońca skutkiem zjednoczonego

działania ożywiającej ją szybkości i ciążenia swego ku słońcu. Gdyby wszakże biegła półtora prawie (1,42) raza prędzej, aniżeli się obecnie posuwa, szybkością tą przemogłaby już przyciąganie słońca, droga jej eliptyczna przeszłaby w paraboliczną, bezpowrotnie więc odbiegłaby od bryły słonecznej. Toż samo tedy dzieje się i z kometą,—zależy to od jej szybkości, czy krążyć będzie po zamkniętej elipsie, czy też po otwartej paraboli. Dla komety, któraby w przysłonecznym swym punkcie w takiej samej jak ziemia znajdowała się od słońca odległości, szybkość paraboliczna wynosiłaby 42 kilometry na sekundę; za przekroczeniem i tej jeszcze granicy ruch paraboliczny zamienia się na hyperboliczny; przy szybkości mniejszej kometa obiega drogę eliptyczną.

Droga zatem komety zawisła od jej prędkości, najczęściej wszakże prędkość ta jest tak blizką szybkości parabolicznej, że z dostrzeżeń trudno oznaczyć, jaką właściwie z tych trzech linij jest jej droga; niepodobna zwłaszcza w wielu razach rozstrzygnąć, czy bieży ona po paraboli, czy też po elipsie nader wydłużonej. Pewna wszakże liczba komet posuwa się niewątpliwie po drogach eliptycznych, są to więc komety peryodyczne, wracające do słońca

w oznaczonych odstępach czasu. W każdym razie zaliczają astronomowie kometę do rzędu stanowczo peryodycznych dopiero wtedy, gdy zapowiedziany jej powrót istotnie nastąpił i obliczenia astronomów potwierdził; w tych też razach wielokrotne obserwacye komety dozwalają usuwać braki pierwszych dostrzeżeń i poprawiać błędy rachunków, a droga komety z pełną dokładnością oznaczyć się daje. Takich stanowczo peryodycznych komet znamy dotąd siedemnaście zaledwie, a spis ich zawiera tabela następująca:

N-r kolejny	Nazwa komety	Czas obiegu dokoła słońca,—lat	Odległość przysłoneczna	Odległość odsłoneczna
1	Enckego .	3,3	0,341	4,095
2	Templa II	5,2	1,351	4,666
3	Brorsena .	5,5	0,588	5,610
4	Templa III	5,5	1,089	5,177
5	Winneckego	5,8	0.924	5,555
6	De Vico .	5,9	1,392	5,111
7	Templa I .	6,5	2,073	4,897
8	Finlaya. .	6,6	0,989	6.064
9	D'Arresta .	6,7	1,321	5,769
10	Bieli. . .	6,7	0,879	6,223
11	Wolfa . .	6,8	1,593	5,601
12	Brooksa .	7,1	1,959	5,427
13	Faye'a . .	7,6	1,738	5,970
14	Tuttle'a .	13,8	1,027	10,475
15	Ponsa . .	71,6	0.775	33,698
16	Olbersa. .	72,6	1,199	33,623
17	Halleya. .	76,1	0,687	35.224

Odległości komet od słońca wyrażone są w tabeli tej w promieniu drogi ziemskiej, przyjętym za jednostkę. Ponieważ promień ten, czyli odległość średnia ziemi od słońca, wynosi 148½ miliona kilometrów (20 005 000 mil geograficznych), można więc stąd bezpośrednio ocenić w jednostkach zwykłych najmniejszą i największą odległość każdej z tych komet od słońca.

Liczba komet peryodycznych, których zjawienie się raz tylko jeden obserwowano, których drogę eliptyczną tedy przyjmujemy jedynie na podstawie rachunku, wynosi około siedemdziesięciu. Są między niemi komety o kilkoletnim tylko okresie obiegu, ale są i takie, których powrotu dopiero po całych setkach i tysiącoleciach oczekiwać możemy. Do tych ostatnich należy i znana nam już kometa Donatiego, której czas obiegu wynosi około 2000 lat z niepewnością zaledwie 50 lat; według rachunku zatem tego kometa zjawiła się około roku 100 przed Chr., a wróci znów po roku 3800. Są wszakże komety, dla których okres obiegu okazał się znacznie dłuższym jeszcze. Tak między innemi kometa Gallego z r. 1840, której drogę obliczył Kowalczyk, kończy swój obieg w ciągu 3789 lat, a inne wrócić mają dopiero po upływie 8000 lub 10 000 lat. Bar-

dzo odległa więc dopiero przyszłość ocenić zdoła dokładność tych obliczeń.

Wydawać się to może żartem nieledwie, gdy mówimy o powrocie komety za lat tysiące, i gotowi jesteśmy porównać astronoma z tym nabywcą papugi, który ją kupił, by się przekonać, czy w samej rzeczy żyje ona lat czterysta. Rozwój wszakże i postęp nauki nie mierzy się żywotem jednego człowieka, ani zamyka w granicach bytu jednego pokolenia. Nauka jest dziedzictwem całej ludzkości, a w jej dziejach łączność pokoleń po sobie idących najsilniej się wybija. Astronom przechowuje starannie i nowemi odkryciami powiększa spadek, jaki otrzymał po wielkich swych przodkach, by ze wzmożonem bogactwem następnym znów pokoleniom przekazać. Zagadkę właśnie komet rozważając, wyrzekł Seneka sławne swe zdanie, że to, co jest dla nas tajemnem, stanie się jawnem w przyszłości, a potomność dziwić się będzie, żeśmy rzeczy tak prostych nie znali. Wzmaga się wciąż dokładność dostrzeżeń i pewność obliczeń, coraz też ściślej rozstrzygać można wątpliwość, czy daną kometa do kategoryi peryodycznych włączyć należy.

Tak wydłużona droga komety sprowadza oczywiście uderzające różnice w oddaleniu jej

od słońca. Kometa Donatiego w przejściu przez punkt przysłoneczny przysuwa się do słońca dwa razy prawie bliżej niż ziemia, odległość jej bowiem przysłoneczna wynosi tylko 0,58 promienia drogi ziemskiej, w punkcie zaś odsłonecznym usuwa się od niego na odległość przechodzącą 304 razy oddalenie ziemi od słońca. W tem ostatniem tedy położeniu bryła słoneczna staje się dla niej gwiazdką pół miliona prawie razy słabszą, aniżeli w epoce najznaczniejszego zbliżenia, światło bowiem słabnie w stosunku kwadratów z odległości. Pojmujemy więc, jak olbrzymia zachodzi rozmaitość w warunkach ogrzewania komety przez słońce, a zarazem i w szybkości jej biegu, na zasadzie bowiem drugiego prawa Keplera szybkość ta wiąże się bezpośrednio z odległością jej od słońca. W sąsiedztwie słońca przebiega w ciągu sekundy setki kilometrów, w odsłonecznej okolicy swej drogi posuwa się ospale, z prędkością kilku zaledwie metrów na sekundę.

Znaczna liczba komet zbliża się do słońca daleko silniej, aniżeli kometa Donatiego. Pod tym względem pamiętna jest zwłaszcza kometa z r. 1680, taż sama, która posłużyła Newtonowi do wykazania, że komety pozostają w zależności od słońca. Ukazała się w jesie-

ni 1680 r. i widzianą była aż do wiosny roku następnego. Zbliżyła się ona do słońca bardziej, aniżeli którakolwiek z komet późniejszych, z wyjątkiem wielkiej komety z r. 1843. Według rachunków Enckego, niedosyć wszakże pewnych dla braku dokładnych dostrzeżeń, ma ona być peryodyczną o okresie 8800 lat, a przebiega elipsę, której połowa osi wielkiej przechodzi 427 razy odległość ziemi słońca. W punkcie przysłonecznym, przez który przeszła 18 grudnia 1680 r., oddaloną była od powierzchni słońca zaledwie na 240 000 kilometrów, co stanowi tylko $^3/_5$ odległości księżyca od ziemi, natomiast zaś w punkcie odsłonecznym swej drogi oddaloną jest od słońca na 400 000 milionów kilometrów. Gdy się w najbliższem sąsiedztwie słońca znajduje, widzi je jako tarczę o średnicy 94 stopni, gdy się od niego najbardziej oddala, dostrzega je zaledwie pod kątem dwu sekund łukowych; w pierwszym razie przebiega w ciągu godziny 200 000 kilometrów prawie, w drugim przesuwa się w tymże czasie o 14 jedynie kilometrów, daje więc wybitny przykład, jak skrajne sprzeczności powoduje tak wydłużona droga komety.

Kometa 1843 r. (fig. 10), jedna z najosobliwszych wieku bieżącego, tak samo prawie

zbliżyła się do słońca. Ukazała się ona nagle w lutym przytoczonego roku, w tak blizkiem sąsiedztwie ze słońcem, że głowa jej z niem razem prawie zachodziła, na niebie zaś ciągnął się jedynie długi i wązki jej ogon. Była



Fig. 10. Wielka kometa 1843 r.

tak jasną, że w okolicach południowych widzianą była w pełnym blasku dziennym, i zdołano nawet bezpośrednio oznaczyć odległość jej od słońca, która dnia 27 lutego wynosiła $1^1/_2{}^0$ zaledwie. Szybko jednak słabła i w kwietniu już znikła dla teleskopów nawet. Prze-

mknęła tak blizko powierzchni słońca, że przy najdrobniejszej zmianie pierwotnego swego kierunku biegu musiałaby się z niem zetknąć, od środka bowiem słońca oddaloną była o milion, a od powierzchni jego tylko o 300 000 kilometrów, o połowę przeto niespełna promienia bryły słonecznej. Przy niepozornej wcale głowie rozwinęła ogon uderzającej wielkości, ciągnął się bowiem na przestrzeni 250 milionow kilometrów, dwa razy nieledwie znaczniejszej, nad odległość dzielącą nas od słońca.

Przez sześć tygodni, w ciągu których widzianą była, przebiegła tak drobną część swej drogi, że niepodobna była rozstrzygnąć stanowczo, czy opisany przez nią w czasie tym łuk należy do paraboli, czy też do elipsy o stosunkowo nawet krótkim czasie obiegu. Ostatnie to przypuszczenie nabrało prawdopodobieństwa, gdy w lutym 1880 zjawiła się na półkuli południowej kometa również w bezpośredniem ze słońcem sąsiedztwie, której droga okazała znaczne podobieństwo do powyższej komety 1843, i nawet pod względem cech zewnętrznych do niej się zbliżała; nasunął się więc domysł, że obie komety te stanowią jednę i tęż samą kometę, która po elipsie silnie ekscentrycznej kończy swój obieg w ciągu

37 lat. Prawdopodobniejszem atoli jest przypuszczenie, że nie są one identyczne, ale należą tylko do jednej grupy komet, które w punkcie przysłonecznym swej drogi silnie się do słońca zbliżają; do systemu tego należy zapewne i większa jeszcze ich liczba, kometa bowiem 1882 II okazała jednakie prawie z poprzedniemi elementy swej drogi. Kometa ta, dostrzeżona okiem nieuzbrojonem na półkuli południowej 3 września, obserwowana była przez Finlaya na Przylądku Dobrej Nadziei. Przedstawia ona w dziejach komet jedyne zdarzenie, że obserwowano przejście jej przed tarczą słoneczną, przyczem znikła zupełnie z oczu obserwatorów, Finlaya i Elkina.

Gdy kometa krąży po drodze tak wydłużonej, że od słońca na tysiące lat odbiega, nastręcza się pytanie, czy nie zawadza o inne słońca, czy nie wkracza już w obręb przyciągania jakiej gwiazdy stałej. W stosunku do wymiarów świata wszakże, względnie do odległości dzielących gwiazdy rozrzucone w przestrzeni, kometa ze strefy atrakcyi słońca mogłaby się zaledwie po niezmiernie długim przeciągu czasu usunąć. W samej rzeczy, najbliższa słońca naszego gwiazda, α Centaura, oddaloną jest od niego na 250 000 promieni drogi ziemskiej; choćby więc w odsłonecz-

nym punkcie swej drogi kometa odbiegła na tysiąc tych promieni, w bardzo drobnej zaledwie mierze zbliżyłaby się do któregokolwiek innego słońca.

Rozważanie dróg komet wiąże się jeszcze z dalszem pytaniem o ich pochodzeniu. Czy należą one od początku do naszej rodziny słonecznej i są stałymi układu tego obywatelami, czy też są gośćmi przypadkowymi, przybyszami z dalekich, obcych nam przestworzy wszechświata? W ogólności uważać je możemy, jakby za szczątki pierwotnej materyi kosmicznej, rozproszone w bezmiernej przestrzeni światowej, które się dostają w obręb przyciągania słonecznego. Gdyby się dokoła słońca nie toczyły planety, kometa przez słońce przyciągnięta okrążyłaby je po drodze parabolicznej i bezpowrotnie znów odeń odbiegła, prędkość bowiem, przy biegu tym ku słońcu osiągnięta, wystarczyłaby właśnie, by ją wytrącić do bezmiarów, z których przybyła. Prawidłowy ten wszakże przebieg wikłają dokoła słońca toczące się planety, które wpływem swoim ożywiającą ją prędkość zmieniają. Gdy w pobliżu którejkolwiek z nich przebiega, ruch jej, zależnie od okoliczności, doznać może przyśpieszenia lub też opóźnienia, a odpowiednio do tego droga jej ulega prze-

inaczeniu. W pierwszym razie opuszcza ona układ nasz słoneczny z prędkością więcej niż paraboliczną i niewątpliwie już do nas nie wróci; w razie natomiast drugim parabola przeobraża się w elipsę mniej lub więcej wydłużoną. Zmiany te są najczęściej drobne, w szczególnych wszakże przypadkach, gdy kometa przesuwa się w pobliżu wielkiej planety, opóźnienie szybkości jej biegu może być tak znaczne, że nadaje komecie drogę o krótkim czasie obiegu, a wtedy gość przypadkowy staje się stałym mieszkańcem układu słonecznego. Czy rzeczywiście wszystkie komety peryodyczne biegły pierwotnie drogą paraboliczną i w ten sposób do układu naszego wcielone zostały, tego stanowczo twierdzić niepodobna, uważać to wszakże można za rzecz dosyć prawdopodobną. Takim zwłaszcza zawziętym łowcą komet jest Jowisz, najpotężniejsza z planet stanowiących orszak słoneczny. Uderzający przykład osobliwych przeobrażeń, jakim pod wpływem tej planety droga komety ulegać może, przedstawia nam kometa Laxella z r. 1770. Badania dokładne wykazały, że w roku 1767 kometa ta zbliżyła się znacznie do Jowisza i skutkiem wpływu jego zaczęła się toczyć po drodze eliptycznej, niezbyt wydłużonej, tak że na okrążenie jej

łożyła $5^1/_2$ lat tylko. Na drodze tej utrzymała się wszakże 12 lat zaledwie, w r. 1779 bowiem tak znów blizko do tejże olbrzymiej planety przystąpiła, że droga jej na nowo zupełnemu przeobrażeniu uległa i stała się tym razem silnie wydłużoną. Ze swej strony nie wywarła ona żadnego wpływu na drogi księżyców jowiszowych, chociaż przy tem drugiem zbliżeniu przesunęła się nawet między niemi, skąd Laplace wniósł, że masa jej przeszło 5000 razy mniejszą być musiała, aniżeli masa ziemi. Na tem powtórnem przeobrażeniu nie kończą się może jeszcze igraszki wielkiej planety z kometą, prawdopodobnie bowiem droga jej dalszemu jeszcze uległa przeinaczeniu. Chandler mianowicie zwrócił uwagę, że kometa odkryta przez Brooksa, 1889 V, przebiegła również bardzo blizko Jowisza, przyczem droga jej uległa znacznej zmianie, poprzedni bowiem czas jej obiegu, wynoszący lat 27, skrócił się do 7 lat tylko. Ponieważ zaś czas obiegu Jowisza dokoła słońca wynosi bez mała lat 12, cztery przeto poprzednie obiegi komety ($4 \times 27 = 108$) wyrównywają dziewięciu obiegom Jowisza ($9 \times 12 = 108$), skąd wypływa, że przypadała ona w pobliżu tej planety i w r. 1779, to jest w tym właśnie czasie, gdy kometa Laxella doznała powtórnego przeobra-

żenia swej drogi. Z tego powodu wnosi Chandler, że obie komety są identyczne, czyli że kometa Brooksa jest to odnaleziona kometa Laxella; o ile wszakże domysł ten jest słuszny, rozstrzygnąć będzie można dopiero przy dalszych powrotach komety Brooksa.

Ile w ogólności komet toczyć się może w przestrzeni świata, tego zgoła nie wiemy, są wszakże niewątpliwie obficie rozrzucone, jak ryby w morzu—ut pisces in oceano—wedle wyrażenia Keplera, a liczniej chyba jeszcze, jeżeli słuszne są rachunkowe pomysły niektórych astronomów. W każdym razie nader nieznaczna tylko ich ilość nam się ujawnia. Możemy je widzieć w przysłonecznej jedynie okolicy ich drogi, i to te tylko, które się dostatecznie do słońca zbliżają, jeżeli punkt ich przysłoneczny przypada jeszcze w obrębie drogi ziemskiej, lub w niewielkiej po za jej kresami odległości. Raz tylko jeden widziana była kometa, w r. 1792 mianowicie, która w przysłonecznym punkcie swej drogi cztery razy dalej niż ziemia była od słońca oddaloną; musiała to więc być kometa olbrzymich wymiarów, żadna bowiem ze znanych nam komet w oddaleniu takiem nie byłaby dostępną dla teleskopów owoczesnych. Ale i z komet dostatecznie do słońca zbliżonych pozo-

stają dla nas niewidzialne te, które przesuwają się na niebie w okolicach bieguna południowego i nie wynurzają się nad poziomy mieszkańców północy. Przebiegają też zapewne w pobliżu nas komety zbyt drobne, by je nawet teleskopy uchwycić mogły, albo rozjaśniają się w tak blizkiem dopiero sąsiedztwie słońca, że w promieniach jego tonąc, przechodzą niedostrzeżone. Że tak istotnie dziać się może, potwierdza to kometa odkryta przypadkiem bardzo szczególnym, uchwyconą została bowiem przez płytę fotograficzną podczas całkowitego zaćmienia słońca, d. 17 maja 1882 r. O jej obecności w pobliżu słońca nic zgoła nie wiedziano i tylko na tej płycie pozostawiła ślad swego istnienia.

Dla braku innych dowodów pozostaje wprawdzie pewna wątpliwość, czy odfotografowany ten przedmiot był w samej rzeczy kometą; niewątpliwie zaś dopiero przy pomocy fotografii odkrytą została kometa bardzo słaba w r. 1892 (1892 V). Dostrzegł ją Barnard na zdjętej właśnie fotografii pewnej okolicy drogi mlecznej, w sąsiedztwie gwiazdy Atair (α Orła). Jest to kometa tak drobna, że bez tej pomocy nie zostałaby zapewne dostrzeżoną, chociaż, pomimo swej drobności, dała powód do ważnych wniosków. Gdy bo-

wiem poznano eliptyczną postać jej drogi, Schulhof wykazał, że poprzednio tworzyć ona musiała wspólną bryłę z kometą peryodyczną Wolfa, obiegającą słońce w ciągu 6,8 lat. Dowód ten opiera się na zasadzie, wykrytej przez Tisseranda, według której wartość pewnej kombinacyi elementów drogi komety pozostaje niezmienną, jakkolwiek znacznym zmianom uległaby ta droga pod wpływem wielkiej planety. Rozdział tych komet nastąpił zapewne około r. 1840.

W ten sposób wykryto łączność dwu odłamków kometarnych, znacznie już między sobą rozdzielonych, a odkrycie to zawdzięczamy fotografii, która więc, jak w innych działach astronomii, tak też i przy badaniu komet oddaje ważne usługi.

III.

Budowa fizyczna komet.

Gdy teraz od powyższych stosunków matematycznych, tyczących się dróg komet, przejdziemy do badań nad ich budową fizyczną, uderza nas przedewszystkiem nikła ich masa. Przy najznaczniejszem nawet zbliżeniu swem

do planet nie zakłócają bynajmniej ich biegu, ani nie sprowadzają zgoła zawikłań w ruchach ich księżyców; nie posiadamy przeto danych do obliczenia ich masy, twierdzić tylko możemy, że jest ona nader drobną w porównaniu z masami planet. Skoro zaś przytem obejmują obszary olbrzymie, teleskopowe bowiem nawet komety mają najczęściej dziesiątki tysięcy mil w średnicy, muszą to być przeto utwory luźne, wiotkie, niesłychanie słabej gęstości; nie stanowią też zapewne brył zbitych, jednolitych, ale składają się z części rozrzuconych, rozproszonych, rozdzielonych znacznemi stosunkowo odstępami, co wskazuje już i obłokowata, ziarnista postać komet teleskopowych, przypominająca chmury naszej atmosfery, złożone z oddzielnych kropelek wody. Tak samo zapewne i jądra komet wielkich, pomimo pozornej swej jednolitości, są to tylko obłoki z oddzielnych i rozproszonych części złożone, jak dym wydaje się nam substancyą ciągłą, choć składa się z odosobnionych cząstek węglowych. Taka też tylko budowa tłumaczyć może zupełną ich przejrzystość, nie osłabiają bowiem zgoła blasku gwiazd, które po za niemi przypadają, nie załamują nawet promieni, które przez mglistą ich masę przechodzą.

Domysły takie o budowie komet potwierdza i badanie wysyłanego przez nie światła. Rozszczepione bowiem przez pryzmat światło to wydaje słabe widmo ciągle, które jest niewątpliwie światłem słonecznem, odbitem od cząstek stałych, składających kometę; na tle wszakże tego widma występuje inne jeszcze widmo, świadczące, że komety i własnem ja-

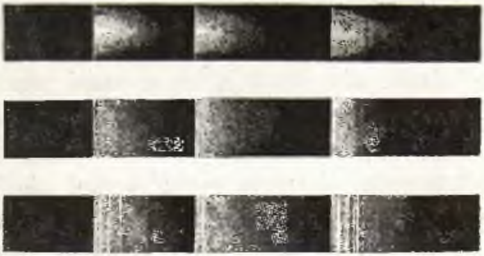


Fig. 11. Widma komet i węglowodorów.

śnieją światłem. Własne to widmo komet składa się z trzech smug jasnych, żółtej, zielonej i niebieskiej (fig. 11), które od strony czerwieni odgraniczone są ostro, zanikają zaś stopniowo od strony fioletu. Linijne to widmo jest światłem rozżarzonego gazu, widmo zaś z takichże trzech smug złożone wydają węglowodory, zwłaszcza, jeżeli świecą pod wpływem przebiegających je iskier elektry-

cznych. Na fig. 11, poniżej typowego widma komet, przedstawione są dwa widma węglowodorów, z których górne otrzymane zostało przy szczelinie szerszej, dolne zaś przy wązkiej szczelinie spektroskopu. Zachodzi wprawdzie między widmami komet i widmami węglowodorów pewna różnica, w tych ostatnich bowiem smugi są najjaśniejsze na swych brzegach, gdy w smugach komet miejsca najjaśniejsze usunięte są ku ich środkowi; różnice te wszakże tłomaczą się wpływem temperatury.

Widmo zatem komet świadczy o obecności w nich węglowodorów. Trudno wprawdzie przypuszczać, by bryłki meteoryczne, z których się kometa składa, otoczone były atmosferą tego gazu; zapewne tylko jest on uwięziony w cząstkach meteorycznych i z nich się wywiązuje dopiero, gdy kometa przy zbliżaniu się do słońca coraz się silniej rozgrzewa, wzbudzone zaś przytem prawdopodobnie działania elektryczne świecenie jego wzniecają. Tłomaczenie to potwierdził doświadczalnie Vogel, gdy bowiem odłamki aerolitów umieścił w rurze, z której usunął powietrze, a po jej ogrzaniu przepuścił przez nią prąd elektryczny, w rurze wystąpiło światło, dające widmo zgodne z widmem komet.

Od czasu odkrycia analizy spektralnej, która tak niespodzianą i zdumiewającą odsłoniła drogę badaniom ciał niebieskich, upłynęło dopiero lat niespełna czterdzieści, pierwsze zaś widma komet rozpatrywano w r. 1864. Widma, otrzymane w ciągu kilku lat następnych, nie okazywały między sobą różnic istotnych; można więc było sądzić, że powyższe widmo węglowodoru przedstawia typ powszechny widm kometarnych. Następnie wszakże, po roku 1880, niektóre komety dały widma odstępujące dosyć znacznie od tego wzoru zasadniczego. Tak, mianowicie, wielka kometa 1881 r., odkryta przez Tebbutta w Windsorze (1881 III), przedstawiła w widmie swem, prócz linij węglowodornych, kilka innych jeszcze linij, które, według Vogla, zdradzają w komecie tej obecność tlenka węgla obok węglowodorów.

Bardziej uderzające wszakże objawy przedstawiła inna tegoż roku kometa, zwana kometą Wellsa, który ją odkrył 17 Marca w Albany (1881 I). Widmo jej z początku było normalne, chociaż linie węglowodorne wybijały się słabo na jasnem tle widma ciągłego. Gdy wszakże dobiegała swego punktu przysłonecznego, przyczem się bardzo znacznie do słońca zbliżyła, uległa widocznemu przeobrażeniu,

przybrała bowiem zabarwienie żółte tak wyraźne, że nawet bez pomocy spektroskopu przypuszać w niej można było obecność pary sodowej, a potwierdził to zupełnie spektroskop, charakterystyczna bowiem linija sodowa bardzo wyraźnie wystąpiła.

Współcześnie zaś, wraz z ukazaniem się linii sodowej, linije węglowodorne ustąpiły zupełnie z widma, jakby skutkiem silnego zbliżenia się komety do słońca skład jej chemiczny uległ zupełnemu przeinaczeniu. Zagadkę tę rozstrzygnęło znów doświadczenie bezpośrednie, gdy prąd elektryczny przeprowadzono przez rury zawierające obok gazów węglowodornych i bryłki sodu metalicznego. Dopóki prąd przebiega przez rurę w temperaturze niskiej, widmo światła, w rurze tej wzbudzonego, składa się z linij cechujących owe gazy; gdy wszakże rurę ogrzewamy i wskutek tego sód się ulatnia, linije te nikną, a w miejsce ich ukazuje się linija sodowa. Skoro zatem śród innych gazów występuje para metaliczna, przyjmuje ona na siebie wyłącznie sprawę przeprowadzania elektryczności, gdy poprzednio, dopóki jej nie było, zadanie to spełniały węglowodory. Toż samo tedy prawdopodobnie zajść mogło w substancyi komety, gdy uległa silniejszemu przez słońce ogrza-

niu, co spowodowało wywiązanie się pary sodowej. Być nawet może, że powtarza się w ogóle u komet, przystępujących bardzo blizko do bryły słonecznej, podobneż bowiem objawy miały miejsce i w komecie wrześniowej 1882 II. Kometę tę znamy już, jako należącą do grupy komet 1843 i 1880 I, zbliżających się znacznie do słońca; w sąsiedztwie też słońca wystąpiła i w jej widmie linija sodowa, jak w podobnych warunkach i w powyższej komecie Wellsa. Dostrzeżono w niem nadto kilka innych jeszcze linij, świadczących o obecności żelaza. Niektóre znów widma kometarne zdradziły obecność węgla i cyanu; występują też linije nieznanego dotąd pochodzenia. W składzie różnych komet zachodzi może rozmaitość większa, aniżeli ją dotąd znamy.

Badania więc chemiczne, odsłaniając nam skład komet, świadczą zarazem, że pod wpływem ciepła słonecznego wywiązują się w nich substancye gazowe, a ulatnianie to tłumaczy prawdopodobnie osobliwe objawy, które w głowach komet dostrzegamy. Para wyrywająca się z jądra komety tworzy zapewne owe powłoki, które się z jądra rozchodzą, zanikają w skrajnych warstwach warkocza, a odchylając się w stronę przeciwną, dają materyał do

rozwoju ogona. Wiemy już, że ogon ten nie jest stateczną częścią komety, nie jest przydatkiem, który ona wciąż za sobą ciągnie, przy olbrzymich swych bowiem wymiarach, gdy kometa w przysłonecznym punkcie szybko się przesuwa, musiałby biedz za nią z szaloną prędkością, którąby cząstki jego natychmiast po drogach hyperbolicznych rozrzuciła. Gdy ulegamy złudzeniu, że przy biegu komety ogon położenie swe zmienia, rozwija się tu raczej wciąż utwór nowy, zmienia się substancya jego, jak dym wzbijający się nad kominem z innych wciąż składa się cząstek, jak chmura nad naszemi unosząca się głowami, na pozór statecznie jednaka, w rzeczywistości ciągle się rozwiewa i z nowych znów skupia kropelek wodnych. Dzieje się tu tak, jakby po stronie ku słońcu zwróconej substancya tworząca głowę komety pozostawała w gwałtownem wrzeniu. Tu wszakże dopiero nasuwa się właściwa zagadka komet, wyrywająca się bowiem para nie rozbiega się równomiernie na wszystkie strony, nie rozkłada się jednostajnie dokoła głowy, ale wypływając z niej najpierw ku słońcu, zawraca rychło w stronę przeciwną, jakby uchodziła od słońca, tworząc ogon od niego odwrócony.

Dla wyjaśnienia tych objawów obmyślono,

począwszy od Keplera i Newtona, mnóstwo już hypotez, w nowszych wszakże dopiero czasach oprzeć się one mogły na pewniejszej podstawie. Tyndall dostrzegł, że promienie światła, przebiegając przez pary różnych substancyj, choćby niesłychanie rozrzedzone i zgoła niedostrzegalne, wytwarzają na kierunku swego przebiegu osady obłokowate i świecące, a chemiczne czyli aktyniczne to działanie promieni odniósł bezpośrednio do komet. Według więc teoryi jego kometa składa się z pary, która pod wpływem światła słonecznego ulega rozkładowi, tak że sama głowa komety i jej ogon są to obłoki aktyniczne, działaniem promieni słonecznych w parze tej osadzone. W przedniej, ku słońcu zwróconej swej stronie kometa ogrzewa się zbyt silnie i stąd zbyt szybko ulatnia, by obłok aktyniczny mógł się utrzymać. W przebiegu wszakże przez głowę i jądro komety promienie cieplikowe w znacznej mierze ulegają pochłanianiu i słabną tak dalece, że promienie aktyniczne pełną swą działalność ujawnić mogą; poza głową przeto tylko, po stronie od słońca odwróconej, osadzać się mogą obłoki, ogon komety tworzące. Gdy zaś kometa położenie swe zmienia, promienie słoneczne przebiegają ją w innym już kierunku i wytwarzają nowe osady

w jej atmosferze, gdy dawne natomiast znów się rozchodzą i rozwiewają. Ogon przeto wciąż się zmienia, wciąż z nowego powstaje materyału, co nagły jego rozwój i szybkie ruchy pozorne tłumaczy.

Hypoteza ta wszakże, jakkolwiek przed dwudziestu laty znaczny miała rozgłos, utrwalić się nie zdołała, a astronomowie zwrócili się do dawniejszych poglądów Olbersa i Bessla, którzy, rozpatrując objawy w kometach zachodzące, wnieśli, że są one następstwem pewnego działania odpychającego, jakie słońce na substancyę komety wywiera. Objawy odpychania znamy wszakże i w pracowniach fizycznych, dostrzegamy je bowiem w ciałach naelektryzowanych, a analogija ta upoważnia do wniosku, że rozwój ogonów komet jest następstwem działań elektrycznych, zachodzących między słońcem a kometą. W dzisiejszym stanie nauki nie umiemy sobie wprawdzie jeszcze zdać jasno sprawy z tego, w jaki sposób wpływ słońca podnieca stan elektryczny komety, widzieliśmy wszakże, że i samo światło komet jest zapewne następstwem wyładowań elektrycznych.

W dalszym ciągu pomysłów Olbersa i Bessla rozwinął Zöllner pełną teoryę elektryczną komet, w której starał się zdać dokładnie spra-

wę ze wszystkich objawów, jakie nam komety przedstawiają. Hertz, któremu zawdzięczamy ujawnienie fal elektromagnetycznych, w świeceniu komet również widzi objaw elektryczny, przypominający poniekąd blask, jaki występuje przy wyładowaniach elektrycznych w rurach Geisslera, gazami rozrzedzonemi wypełnionych. Ze stanowiska wszakże bardziej astronomicznego zjawiska, jakie nam komety przedstawiają, najdokładniejsze wyjaśnienie znajdują w teoryi Bredichina.

Według astronoma tego wszystkie ogony komet dają się ująć w trzy typy, a to stosownie do natężenia siły odpychającej, którą przyjmować możemy, jako odpychanie elektryczne. W kometach typu pierwszego odpychająca ta siła przechodzi 11 razy przyciąganie przez słońce wywierane, w kometach typu drugiego jest mu równa lub niewiele (1,3 raza) od niego większa, w kometach zaś typu trzeciego siła odpychająca stanowi tylko 0,2 siły przyciągania słonecznego.

Wydzielanie się pary, jak już wiemy, zachodzi zawsze po słonecznej stronie jądra komety; prąd zatem pary płynie ku słońcu, dopóki pędu tego nie przemoże siła odpychająca. Od tego punktu prąd pary zawraca się wstecz, rozwija dokoła jądra powłokę, a od-

pływając od komety dalej, tworzy jej ogon, którego postać zależy od natężenia siły odpychającej; im bowiem działa ona energiczniej, tem silniej przemaga nad ruchem, jakiemu cząstki ulegają w kierunku biegu komety, tem bardziej przeto postać ogona prostolinijną się staje. Komety więc typu pierwszego, do których należą znane nam już komety 1843 i 1861, jakoteż kometa 1811 i kometa Halleya, do których jeszcze wrócimy, posiadały ogony prostolinijne, gdy ogony komet typu drugiego, jak komety Donatiego, są skrzywione, wypukłością w stronę biegu komety zwrócone. Ogony typu trzeciego są krótkie i występują, przynajmniej u komet jaśniejszych, jedynie w związku z ogonami dwu typów poprzednich, często bowiem, jak widzieliśmy już na przytoczonych wyżej przykładach, kometa rozwijać może ogony różnych typów.

Rozmaita postać ogonów zależy niewątpliwie od budowy komet, od ich składu chemicznego; ponieważ zaś gazy lżejsze łatwiej odpychaniu ulegać mogą, daje nam to pewne wskazówki do wniosków o naturze gazów tworzących ogony komet. Stosunek liczb 11 do 1,3 odpowiada stosunkowi ciężarów właściwych węglowodoru (CH_4) i wodoru, wnosi

więc stąd Bredichin, że ogony typu I utworzone są głównie z wodoru, drugiego zaś z węglowodorów, gdy siła odpychająca typu III odpowiada parze żelaza. Kilkakrotnie, jak zwłaszcza w komecie z r. 1823 (fig. 12), obserwowano ogony krótkie, zwrócone wprost ku słońcu



Fig. 12. Kometa 1823 r.

i zgoła wstecz nieodbiegające; dla wytłumaczenia ich tedy przyjmuje Bredichin, że składają się one z cząstek stałych, przez wypływające gazy uniesionych, które dla znacznej swej gęstości opierają się odpychaniu elektrycznemu. Teoryą swą nadto tłumaczy Bredichin nietylko ogony komet dawnych, ale, sko-

ro tylko znane są pierwiastki drogi komety, może już przewidzieć, jaką postać przyjmie jej ogon, jeżeli się rozwinie.

Skoro zaś ogon komety jest następstwem takiego ulatniania czyli wrzenia komety, traci ona przeto wciąż własną swą substancyę, gdy w pobliżu słońca przebiega, a przynajmniej uchodzą jej gazy, z której się ogon jej wytwarza; dla tego to może komety peryodyczne, które już wielokrotnie obok słońca przeszły, ogona nie rozwijają. Utrata ta materyi jest zapewne bardzo powolna i nieznaczna, ale w każdym razie, im dłużej przybysze te w układzie naszym bawią, tem bardziej świetność ich zanika.

Jak więc poprzednio widzieliśmy, że usilność astronomów zdołała już dokładnie wyśledzić drogi, któremi komety krążą, tak teraz przyznać należy, że i budowa ich fizyczna w znacznej już mierze nam się odsłoniła. Nie będzie to zapewne przesadą, jeżeli powiemy, że istota komet jest nam lepiej znaną, aniżeli budowa niejednej planety, jak Saturna, dajmy, chociaż jest on stałym mieszkańcem układu słonecznego. Nowe zaś środki badania, jakiemi astronom dzisiejszy rozporządza, analiza spektralna, fotografija, fotometrya, zarówno jak i potężne teleskopy, w ostatnich cza-

sach zbudowane, przyczynią się rychło do dalszego jeszcze rozjaśnienia ich zagadki.

IV.

Komety w dziejach nauki pamiętne.

O kometach, które się w dawniejszych zjawiały czasach, mamy wiadomości niedostateczne, przygodne tylko wzmianki kronikarzy, którzy ukazanie się komety wiązali ze zdarzeniami historycznemi. Aż do schyłku wieku piętnastego źrodłem najważniejszem jest zestawienie komet w encyklopedyi chińskiej Ma-tuan-lina; w ogólności zaś od narodzenia Chrystusa widziano około 500 komet dostępnych oku nieuzbrojonemu, od czasu zaś wynalezienia teleskopu obserwowano przeszło 200 komet teleskopowych. W statystyce komet porządek nie wybija się zgoła; w jednych latach ukazują się skąpo, w innych znów liczniej; rok 1896, gdy obserwowano siedem komet, uważany jest za obfity. W roku 1898, w chwili gdy to piszemy, kroniki astronomiczne zanotowały fakt niezwykły, w ciągu bowiem ośmiu nocy, od dnia 11 do 19 czerwca, ukazało się pięć komet; dwie z nich należą do

kategoryi komet peryodycznych, kometa Enckego i kometa Wolffa, trzy natomiast są nowe. Wszystko to zresztą są komety drobne, oku nieuzbrojonemu, a nawet słabej lunecie żadna z nich nie jest dostępna. Jeżeli zresztą komety zjawiają się obecnie liczniej, to dla tego oczywiście, że potężne przyrządy, jakiemi astronomowie w kilku obserwatoryach rozporządzają, ułatwiają im połów tych gości, przeważnie nieoczekiwanych. Z ogólnej tej liczby 700 komet utrwaliły się niektóre w pamięci ludzkiej, bądź dla wspaniałego swego rozwoju, bądź dla badań naukowych, których były przedmiotem; z wieloma z nich mieliśmy już sposobność zabrać znajomość, należy nam wszakże opowiedzieć jeszcze o kilku, którym również pewne znaczenie historyczne przypada.

Do tych należy przedewszystkiem słynna kometa Halleya (fig. 13 i 14), w dziejach astronomii stąd pamiętna, że jest to pierwsza kometa, której drogę obliczono i jako peryodyczną uznano. Gdy, mianowicie, ukazała się w sierpniu 1682 r., dostrzegł Halley, że droga jej przedstawiała uderzające podobieństwo do drogi komety obserwowanej przez Keplera w r. 1607 i wniósł stąd, że obie są jedną i tąż samą kometą, która po wydłużonej drodze

eliptycznej kończy obieg swój dokoła słońca w ciągu 75 lat. Domysł ten potwierdziły komety, które się ukazały poprzednio, w r. 1531 i 1456, odpowiadały zatem temuż samemu okresowi, a ostatnia z nich pamiętna jest z przestrachu, jaki w Europie wzniecila tak dalece, że papież Kalikst nakazał modły o obronę od Turków i od komety. Dostrzeżenia te



Fig. 13. Fig. 14.

Kometa Halleya.

wystarczyły już Halleyowi, by na ich podstawie przepowiedzieć powrót tejże komety po dalszych 75 latach, zatem w r. 1758. Tymczasem wszakże rozwinęła się teorya ciążenia powszechnego, a Clairaut, obliczywszy zboczenia, jakim bieg komety uległ w ciągu tego okresu przez wpływ wielkich planet, Jowisza

i Saturna, zapowiedział, że powrót jej opóźni się o dni 618, do przysłonecznego zatem punktu swej drogi nie wróci przed połową kwietnia 1759 r.; dodawał wszelako, że rezultaty rachunku jego mogły być o miesiąc niepewne, bryła bowiem, uchodząca tak długo z przed oczu naszych w okolicach odległych, poddaną być może siłom zgoła nieznanym, przyciąganiu pewnych planet zbyt odległych od słońca, by kiedykolwiek dojrzane być mogły. W samej rzeczy zjawiła się kometa w końcu 1758 r., a przez punkt przysłoneczny przeszła d. 12-go marca 1759 r. Powrót ten, zgodny z zapowiedzią, wywołał silne wrażenie, udoskonalenie wszakże metod rachunkowych dozwoliło następne zjawienie się komety oznaczyć z większą daleko ścisłością, przeszła bowiem przez punkt przysłoneczny d. 16 listopada 1835, gdy rachunki Pontécoulanta dawały datę 19 listopada, o trzy dni zaledwie późniejszą.

Kometa Halleya krąży po wąskiej elipsie (fig. 15), wybiegającej po za drogę Neptuna, planety toczącej się na kresach układu słonecznego; punkt największego oddalenia swego od słońca przekroczyła w r. 1873, obecnie zbliża się już więc do nas, a powrót jej nastąpi w r. 1910. Obliczenia zresztą wymagają obecnie większego nakładu pracy; przed po-

wrotem bowiem komety w r. 1758 najdalszą znaną planetą był Saturn, przed jej powrotem w r. 1835 odkryty został Uran, obecnie zaś przybył jeszcze Neptun, pomnożyła się przeto ilość zakłóceń, które pod uwagę brać należy, ale nadaje to też taką ścisłość rachunkom, że niepewność ich rezultatów nie przechodzi za-

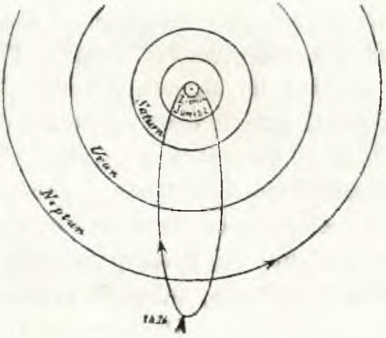


Fig. 15. Droga komety Halleya.

pewne jednej doby. Dotychczasowe obliczenia oznaczają, jako chwilę przejścia komety przez punkt przysłoneczny, godzinę 11 wieczorem d. 16 maja 1910 roku.

Nie należy wszakże oczekiwać wspaniałego rozwoju tej komety; już podczas ostatniego powrotu w r. 1835 była tak skromną, że uwagi ogółu nie zwróciła. Fig. 13 wskazuje, jak

się wówczas przedstawiała oku nieuzbrojonemu, fig. 14 zaś daje jej widok w lunecie. Dla astronomów obserwacye ówczesne pamiętne są i z tego względu, że w głowie jej po raz pierwszy dostrzeżono wtedy owe prądy materyi wypływającej, które następnie i w wielu innych widziano kometach; ogon wszakże roztoczyła niezbyt wielki, chociaż w epokach dawniejszych, o ile wnosić można z opisów kronikarskich, przedstawiała zjawisko uderzającej wspaniałości. Substancya jej widocznie rozwiewa się zwolna w przestrzeni świata. Można też uważać to za dowód, że jest obcym przybyszem w układzie słonecznym, pochwyconym w niezbyt dawnych stosunkowo czasach; gdyby bowiem od milionów lat obiegała słońce i setki tysięcy razy w sąsiedztwie jego przebywała, musiałaby już dawno utracić lotne swe części składowe.

Kometa Halleya ma ze wszystkich komet, stanowczo za peryodyczne uznanych, najdłuższy okres obiegu; głośna jest wszakże i kometa, która obieg swój dokoła słońca w najkrótszym przeciągu czasu kończy. Jest to mianowicie drobna, teleskopowa kometa Enckego, której rysunek podaliśmy wyżej (fig. 1), widziana po raz pierwszy w r. 1786, następnie na nowo odkryta w r. 1795 i 1805; dopiero

wszakże, gdy ją znów odkrył Pons w r. 1818, poznano, że były to zjawienia jednej i tejże samej komety. Dokładne rachunki Enckego okazały, że czas jej obiegu wynosi około 1200 dni; pomiędzy przeto rokiem 1805 a 1819 wracała cztery razy do swego punktu przysłonecznego, dla niekorzystnego wszakże położenia swego względem ziemi pozostała niedostrzeżoną. Obliczenia Enckego wzbudziły powszechne zajęcie, po raz pierwszy bowiem poznano kometę o tak krótkim okresie obiegu; gdy zaś następnie dostrzeżono, że okres ten statecznie się zmniejsza, dało to powód do wielu ciekawych rozpraw. Encke mianowicie poznał, że za każdym powrotem okres jej obiegu skraca się mniej więcej o $2^1/_2$ godziny, co prowadzi bezpośrednio do wniosku, że kometa w biegu swoim napotyka opór, który ruch jej tamuje.

Wniosek ten wydawać się może osobliwym, można bowiem sądzić, że opór jaki kometa w biegu swym napotyka, winien raczej ruch jej zwalniać i opóźniać, aniżeli przyspieszać. Tłomaczy się to tem wszakże, że droga komety zawisła od własnej jej prędkości i od przyciągającego działania słońca; gdy skutkiem napotykanego oporu prędkość ruchu komety słabnie, przyciąganie słońca zyskuje na

władzy, kometa przystępuje do niego bliżej i obieg swój w czasie krótszym kończy. Dla wyjaśnienia przeto tych zawikłań przyjął Encke, że przestrzeń świata wypełniona jest środkiem nader subtelnym, materyą rozrzedzoną, która na ruch planet żadnego wprawdzie nie wywiera wpływu, ale oddziaływać może na ruch ciał tak lekkich i wiotkich, jak komety. Środkiem zaś tym może być eter, którym fizycy zapełniają całą próżnię świata, a którego drgania rozprowadzają światło. Chciano więc świadectwo komety Enckego powołać, jako dowód istnienia eteru, któremu wówczas przeczyli jeszcze stronnicy dawnej teoryi światła.

Następne jednak badania nie potwierdziły domysłu Enckego. Asten mianowicie przekonał się, że w przeciągu okresu od 1865 do 1871, zatem podczas dwu obiegów komety, nie okazała ona żadnych zgoła zboczeń, chociaż wpływ pewnej siły opóźniającej zdradził się rzeczywiście między rokiem 1861 a 1865, podobnież jak i następnie znowu, lubo nieco słabiej, między rokiem 1871 a 1875. Osobliwe te zawikłania, pomimo starannych rachunków Backlunda, wyjaśnione dotąd nie zostały i znaczne zapewne nastręczą jeszcze trudności.

Obieg innych komet peryodycznych nie

jest dotąd w ogólności tak dobrze znany, by równie drobne zmiany ich ruchu dopatrzeć się dały; najdokładniej jeszcze zbadana jest droga komety Faye'a, odkrytej w roku 1843, która na obieg swój dokoła słońca łoży około $7^1/_2$ lat, a rachunki staranne nie wykazały zgoła podobnego przyspieszenia, jak w biegu komety Enckego; inna natomiast kometa peryodyczna, mianowicie kometa Winneckego, o obiegu $5\frac{1}{2}$ letnim, wedle rachunków Oppolzera, zdradza pewne przyspieszenie swego ruchu, choć w słabszej mierze, aniżeli kometa Enckego. Ponieważ z trzech tych komet najbliżej do słońca przystępuje kometa Enckego, gdyż odległość jej przysłoneczna wynosi tylko 0,34 promienia drogi ziemskiej, gdy odległość przysłoneczna komety Winneckego promieniowi temu prawie dorównywa (0,92), a kometa Faye'a przy największem swem nawet do słońca zbliżeniu przypada od niego znacznie dalej niż ziemia (w oddaleniu 1,74 promienia drogi ziemskiej), możnaby przeto wnosić, że ta właśnie różna odległość powoduje różnice w objawach ruchu tych komet. Skoro bowiem najznaczniejszy opór napotyka kometa, która najbliżej do słońca przystępuje, znaczy to, że substancya, która opór ten sprawia, skupia się, czyli zagęszcza w miarę zbliżenia do słońca.

Domysł ten mógłby być prawdopodobnym, w ogólności wszakże obecnie astronomowie zarzucają przypuszczenie takiego środka w przestrzeni świata, któryby stawiał opór ruchom ciał niebieskich, a dostrzegane zboczenia kładą na karb drobnej niedokładności rachunków, wypływającej stąd, że masy planet, które sprowadzają zawikłania w biegu komet, nie są jeszcze z bezwzględną znane dokładnością. W każdym razie brak środka, któryby w biegu komet powodował zawikłania, nie może przeczyć istnieniu eteru, dostatecznie świadczą bowiem o nim objawy światła; przyjąć jedynie należy, że jest on substancyą odrębną, która ruchom ciał niebieskich bynajmniej nie przeszkadza [1]).

O kilku kometach wielkich wypadło nam mówić już wyżej; z tych, o których dotąd wspomnieć nie mieliśmy sposobności, wymienić nam należy kometę 1811 roku (fig. 16), upamiętnioną przez Mickiewicza w „Panu Tadeuszu", kometę wojny i urodzaju, a której w Europie zachodniej przypisywano obfitość wina. Świeciła ona długo na niebie, a to dla znacznego pochylenia swej drogi do ekliptyki

---

[1]) Ob. „Ostatni z nieważników. Eter i jego znaczenie w fizyce dzisiejszej" (War. 1897)



Fig. 16.

i dla korzystnego względem półkuli północnej położenia przy przejściu przez punkt przysłoneczny, które miało miejsce 12 września 1811; przez teleskop widziano ją w ciągu całych siedemnastu miesięcy, od marca 1811 do sierpnia 1812 r. Podobnie jak inne wielkie komety najwyższy swój blask osięgnęła dopiero po przejściu przez punkt przysłoneczny, w początku października; ogon obejmował wtedy długość prawie 90 milionów kilometrów, chociaż długość jego pozorna, z powodu dosyć znacznej odległości komety od ziemi, nie przechodziła 25°. Jądro miało pozór jasnego krążka otoczonego ciemnym pierścieniem, który dalej objęty był jasnym łukiem warkocza, przedłużającym się w dwie wyraźne smugi, ograniczające ogon dosyć prostolinijny. Według dostrzeżeń Olbersa jądro znajdowało się jakby w ognisku paraboli, utworzonej przez warkocz i smugi ogona. Obliczenia Argelandra wykazały, że droga tej komety jest elipsą, którą ona obiega w ciągu 3065 lat, przyczem niepewność obliczeń nie przechodzi 45 lat.

Do słynnych komet należy dalej i drobna kometa Bieli, która wszakże rozgłos swój zawdzięcza jedynie smutnemu losowi swemu, zupełnej zagładzie, jakiej uległa. Odkrył ją

w r. 1826 oficer austryacki Biela, a wkrótce poznano, że teleskopowa ta kometa jest peryodyczną, którą widziano już w r. 1772 i w końcu 1805 r.; chociaż wszakże czas jej obiegu wynosił tylko lat $6^3/_4$, nie dostrzegano jej za każdym powrotem, a to z powodu niekorzystnego jej położenia względem ziemi



Fig. 17. Kometa Bieli w 1846 r.

i słońca, tak że można ją było obserwować dopiero za trzecim po r. 1826 powrotem, w końcu 1845 r. W listopadzie i grudniu nie przedstawiła żadnych zgoła szczegółów uderzających, w styczniu 1846 r. natomiast zaszły w niej zmiany bardzo osobliwe, kometa bowiem rozpadła się na dwie oddzielne części (fig. 17), różnego blasku i niejednakiej wiel-

kości. W lutym mniejsza z obu tych części rozjaśniła się i dorównała swemu towarzyszowi, poczem wszakże znów słabła i znikła w marcu, gdy odłamek drugi komety można było przez miesiąc jeszcze obserwować. Oddalenie pozorne obu części wynosiło w połowie stycznia 2′, a w początkach marca wzrosło do 9′, co odpowiadało rzeczywistej ich odległości 310 000 kilometrów.

Po takiem rozpadnięciu się komety, które nastąpiło w oczach obserwatorów, oczekiwano tedy z zaciekawieniem następnego jej powrotu w r. 1852. Dostrzeżono ją w sierpniu, podzieloną na dwie części, ale odległość ich znacznie się zwiększyła, aż do 2 411 000 kilometrów, a w ciągu września dalej jeszcze wzrastała. Blaskiem obie części komety dorównywały sobie, a raczej naprzemian górowała już to jedna, już druga, tak dalece, że nie można było rozstrzygnąć, która z nich główną przedstawia kometę. W końcu września kometa ukryła się przed teleskopami astronomów, a od tego czasu już jej nie widziano. Wrócić miała w r. 1859, ale wtedy była w położeniu niekorzystnem względem ziemi; gdy niemożna jej było odszukać za dalszym powrotem w r. 1865, przypisywano niepowodzenie to zbyt wielkiemu jej oddaleniu, gdy jednak nie ukazała się

i w r. 1872, chociaż tym razem warunki jej widzialności były bardzo pomyślne, należało uznać, że kometa ta znikła, zaginęła zupełnie, czyli, innemi słowy, rozwiała się i rozproszyła. Szczątki jej wszakże istnieją i napotkamy je w dalszym ciągu.

Historya komety Bieli nie jest zresztą bynajmniej jedynym przykładem takiego rozdziału czy raczej rozkładu komet. Historyk grecki Eforos opowiada, że w r. 371 przed Chr. zjawiła się kometa, która się na dwie części rozpadła; przypisywano jej zagładę dwu miast, Helice i Bura, które zostały przez morze pochłonięte, uważano ją też jako zapowiedź schyłku hegemonii lacedemońskiej. Według kronik chińskich kometa r. 806 miała się nawet podzielić na trzy części. Wieści te oczywiście były podejrzanej wartości i wydawały się bajkami, kometa Bieli dopiero przekonała, że na większą zasługują wiarę. W ciągu zaś lat ostatnich podobne objawy widziano już kilkakrotnie, przy pomocy zwłaszcza potężnych lunet, które drobną nawet kometę przez czas długi obserwować dozwalają. Tak, między innemi, w ostatnich czasach podział jądra przedstawiła kometa Holmesa, odkryta 6 listopada 1892 r., a przez czas krótki widziana okiem nieuzbrojonem. Jest to ko-

meta peryodyczna, o siedmioletnim tylko okresie obiegu, a droga jej z tego względu jest godna uwagi, że jest elipsą niewiele wydłużoną, tak że nie wyróżnia się istotnie od elips, po których krążą drobne planety, rozrzucone między Marsem a Jowiszem. W punkcie swym przysłonecznym kometa przypada od słońca nieco dalej niż Mars, w punkcie zaś odsłonecznym nie usuwa się nawet do odległości Jowisza. Obserwowano ją aż do kwietnia 1893, a w ciągu tego czasu, prócz przytoczonego już rozdziału jądra, okazała nadto osobliwe zmiany swej postaci i blasku, który się kilkakrotnie wzmagał i słabł znowu. Przyczyny takiej zmienności blasku wyjaśnić nie zdołano; niektórzy astronomowie sądzą, że miały tu miejsce kolizye z drobnemi planetami; prawdopodobniejszem jest może spotkanie się komety z rojami meteorycznemi, a może są to i objawy pewnych działań elektrycznych. W każdym razie tak znaczne rozjaśnienie komety w roku 1892, że stała się dostępną nawet oku nieuzbrojonemu, jest wyjątkowem tylko zdarzeniem, pomimo bowiem krótkiego okresu obiegu nigdy poprzednio widzianą nie była.

Dla podobnie zagadkowych objawów zasługuje też na uwagę kometa Brooksa (fig. 18), odkryta w r. 1889. Za pomocą potężnych te-

leskopów w kalifornijskiem obserwatoryum Licka na Mount Hamilton, w Wiedniu i Pulkowie dostrzeżono, że ciągnie ona za sobą orszak złożony z pięciu drobnych satelitów, blasku słabszego, ale postacią zupełnie do niej podobnych. Jeden z tych towarzyszy utracił



Fig. 18. Kometa Brooksa w 1889 r.

rychło jądro swe, z początku wyraźne, i sam się rozwiał zupełnie; inny natomiast stawał się coraz jaśniejszym, tak że wygórował ponad kometę główną, ale potem zaczął znowu słabnąć i zanikać. Ze szczegółów zaobserwowanych ich biegu wniesiono, że wszystkie te części dodatkowe oderwały się od komety jedno-

cześnie i że rozdział ten nastąpił wtedy, gdy przechodziła przez punkt odsłoneczny swej drogi. Chandler zaś wykazał, że w maju 1886 r. kometa znajdowała się bardzo blisko Jowisza, rozerwanie jej zatem przypisać można zakłócającemu wpływowi tej potężnej planety, która nadto spowodowała zupełne przeobrażenie jej drogi. Okres jej obiegu, który obecnie czyni lat 7 tylko, wynosił, według obliczeń Poor-Lane'a, do marca 1886 r. lat 42, a przed marcem 1884 lat 31,5. Stosownie do zapowiedzi kometa wróciła w roku 1896, ale satelitów jej poszukiwano napróżno,—uroniła je po drodze, w oddaleniu niedostępnem dla teleskopów naszych.

Kometa Brooksa z szeregiem swych satelitów przypomina nam wzmiankowane już poprzednio komety, które krążą po drogach prawie jednakich, tak dalece, że niewątpliwie wspólne tworzą grupy. Powinowactwo takich komet wszakże sięga może dalej, tak powszednie bowiem objawy ich rozdziału nasuwają domysł, że komety po jednakich biegnące drogach powstać mogły z rozbicia się, z rozpadu jednej komety pierwotnej. Bredichin sądzi nawet, że wszystkie dzisiejsze komety peryodyczne są tylko szczątkami większych, dawniejszych komet. Jeżeli tak jest, to zadanie

astronoma staje się rozleglejszem, odcyfrować bowiem winien dzieje życia każdej komety. Zadanie to wszakże zarazem i trudnem bardzo się staje, z biegiem bowiem czasu, pod wpływem planet, drogi komet ulegać mogą zupełnemu przeinaczeniu; po zgoła przeto odrębnych drogach krążące obecnie komety mogą być między sobą pokrewne, mogą ze wspólnego pochodzić początku. Wyśledzenie zatem powinowactwa komet wymaga rozpatrzenia, jakim wpływom drogi ich w przeszłości ulegać mogły, co wymaga rachunków zarówno mozolnych, jak i długich. Już i obecnie zdołali astronomowie zestawić kilka grup komet tak pokrewnych między sobą.

Los komet zaginionych, które uległy zagładzie, podobnie jak kometa Bieli, nie jest już tak zagadkowym, odkąd poznano łączność ich z rojami meteorów, z gwiazdami spadającemi. Do tych przeto drobiazgów niebieskich zwrócić się nam teraz należy.

V.

Meteory i dawne o nich pojęcia.

W pogodną, bezksiężycową noc wybiega młode chłopię z pod słomianej strzechy i zdzi-

wione staje na widok nieba iskrzącego tysiącem gwiazd, co tajemniczo doń mrugają. Światełka te zaciekawiają dziecko, budzą w niem pierwsze może pragnienie wiedzy; radeby je poznać, przyjrzeć się im zblizka.

„Gwiazdko złota na błękicie,
Zejdź tu do mnie.“

I jakby posłuszna wezwaniu dziecka, odrywa się złota gwiazdka od firmamentu, bieży, spada; dziecię wyciąga ku niej ramiona, już, już ma ją schwytać: w tem gwiazdka niknie, ginie, w otchłaniach nocy przepada. Co się z nią stało?—zapytuje dziecię; co się z nią stało?—pytała nauka, a gdy przez stulecia całe pytała napróżno, język nasz w samej nazwie rzecz tę wyjaśnił. Jest to bowiem istotnie gwiazda spadająca, bryłka niebieska, drobiazg, który z przestrzeni światowych w obszar się sfer ziemskich dostaje.

Podania ludowe wszystkich narodów od niepamiętnych czasów głosiły o kamieniach z nieba spadłych. Znanem jest podanie hebrajskie o dwu miastach grzesznych, deszczem ognistym zniszczonych. Plutarch opowiada, że w roku, w którym się Sokrates urodził, pod Aigos Potamoi w Epirze spadła gwiazda płomienista, która zastygła w kamień, ciężki jak dwa kamienie młyńskie. I święty głaz Kaaby, czczo-

ny przez Arabów, na długo przed Mahometem, niegdyś biały, a całunkami ust kłamliwych zczerniony, został także przez Allaha z niebios zesłany. W wiekach średnich w wielu miejscach Europy przechowywano bryły żelazne, którym podobne przypisywano pochodzenie, widziano nawet, jak masy te na ziemię spadały. Wszystkie te jednak wieści uważali uczeni za zwykłe baśnie ludowe, lekceważyli je, nie wierzyli im zgoła; nie pojmowano bowiem jeszcze podówczas, że pod misterną oprawą legendy ludowej kryje się częstokroć brylant drogocennej prawdy.

Pierwszym dopiero z uczonych, który odważył się podzielić ten pogląd ludowy, w samym końcu zeszłego stulecia, w r. 1794, był Chladni, wysoko zasłużony i w innej jeszcze gałęzi wiedzy; ściągnął tem jednak na siebie istną burzę pocisków i szyderstw. Lichtenberg w Getyndze, profesor znany z dowcipu, oświadczył, że, czytając książkę Chladniego, doznał wrażenia takiego, jakby mu naprawdę kamień z nieba na głowę spadł, a inny fizyk ówczesny, Deluc, wyznał, że w możliwość spadku kamieni nie uwierzyłby, choćby głaz taki rzeczywiście u własnych stóp jego się stoczył.

Były to jednak ostatnie zamachy tak upornego niedowiarstwa. W kwietniu 1803 r. do-

strzeżono w różnych miejscach Francyi południowej kulę ognistą, która pod Aigle, w departamencie Orny, wyrzuciła istny grad kamieni. Jeden z korespondentów akademii, przebywający podówczas w Aigle, zwrócił uwagę jej na to zjawisko, a akademija po pewnem wahaniu się, wysłała na miejsce spadku jednego ze swych członków, sławnego Biota. Uczony ten zbadał miejscowość, rozpytał mieszkańców dwudziestu wiosek, sprowadził do Paryża znaczną liczbę spadłych kamieni i przekonał się niewątpliwie, że deszcz kamienny w Aigle był następstwem rozsypania się meteoru.

Skoro więc niepodobna było już dłużej wątpić o głazach na ziemię spadających, trzeba było postarać się o wytłómaczenie początku tych osobliwych przybyszy. Sądzili tedy niektórzy, że głazy te powstają z zagęszczania się w powietrzu par, wywiązujących się z ziemi; przytaczano mianowicie, że z pieców hutniczych wydobywają się w powietrze pary cynku, ołowiu, siarki i innych ciał, któreby mogły stanowić materyał tych brył kamienistych. Gdyby trzeba było zwalczać pogląd tak dziecinny, dostatecznem byłoby przytoczyć, że rozbiory chemiczne aerolitów wykazały w nich inne, zgoła nielotne substancye. Równąż war-

tość ma pomysł, że są to kamienie piorunowe, utworzone pod wpływem elektryczności.

Inni znów sądzili, że aerolity są to głazy wyrzucone przez wulkany. I nad obaleniem tego mniemania mozolić się nie trzeba: ani siła wulkaniczna nie jest w stanie wyrzucać kamieni na tak znaczne odległości, ani też bomby wulkaniczne nie okazują istotnego pokrewieństwa z aerolitami.

Jeżeli jednak nie są to wytwory wulkanów ziemskich, to może pochodzą z wulkanów księżycowych? Pogląd ten, wypowiedziany jeszcze w początkach XVII wieku, wznowił astronom Olbers wkrótce po ukazaniu się epokowego dzieła Chladniego. Myśl ta nadawała się już do głębszej rozwagi, zastanawiali się też nad nią pierwszorzędni matematycy. Obliczyli oni mianowicie prędkość, z jaką przez wulkan księżycowy musiałby być wyrzucony głaz, aby zdołał wydobyć się poza obręb przyciągania księżyca i dostać się w obszary działalności ziemskiej. Z powodu nieznacznego stosunkowo ciążenia na księżycu, potrzebna do tego siła rzutu możeby nie była zgoła niemożliwą, ale gdyby na księżycu istniały wulkany dotąd czynne, lunety zdradziłyby już dawno ich obecność. Zzresztą, jak mówi Humboldt, cała ta rzecz wymaga zbiegu tylu sprzyjających oko-

liczności, że już dlatego samego staje się więcej niż zagadkową; tem mniej tedy można tu myśleć o głazach wyrzucanych przez wulkany planet sąsiednich, Marsa naprzykład.

W miarę, jak wszystkie te hypotezy okazywały się niedorzecznemi, coraz wybitniej na pierwszy plan wysuwał się pogląd, wypowiadany z początku nieśmiało, a który nakoniec odniósł zupełne zwycięztwo, że wszystkie te objawy, zarówno drobne *gwiazdy spadające*, niby ogniki błędne niebo przebiegające, jak i świetne *kule ogniste* czyli *bolidy*, jak wreszcie pociski rzeczywiście o ziemię uderzające, *aerolity* czyli *uranolity*, obejmowane razem ogólną nazwą *meteorów* lub *meteoroidów*, są to drobne bryły samoistne, które z przestrzeni niebiebieskich dostają się do obszarów ziemskich.

VI.

Gwiazdy spadające.

Gwiazdy spadające stanowią zjawisko nader pospolite. Przedstawiają się w postaci iskier gwiaździstych, najczęściej białych, które, przebiegłszy drogę swą na niebie przez jednę lub dwie sekundy, gasną równie nagle jak

i powstają. W ogóle mają wejrzenie gwiazd istotnych i jak one okazują blask różny; są między niemi tak drobne, że teleskop tylko uchwycić je zdoła, ale są też inne, które błyszczą jaśniej, aniżeli gwiazdy pierwszej wielkości, aniżeli najświetniejsze planety, Wenus lub Jowisz.

Gwiazdy spadające występują w ciągu całego roku w średniej ilości od pięciu do ośmiu w czasie godziny, lubo astronom amerykański, H. A. Newton, podnosi liczbę tę do trzydziestu. Ale pamiętać należy, że widnokrąg jednego obserwatora obejmuje drobną tylko cząstkę nieba, tak, że według tegoż badacza, gdyby noc na całej panowała ziemi, rozrzuceni po niej obserwatorowie naliczyliby w ciągu godziny 30 000 gwiazd spadających. Jeżeli zaś przypuścimy jeszcze, wraz z tym uczonym, że ilość drobnych gwiazdek, golem okiem niewidzialnych, jest wielokrotnie większą, to powiedzieć można, że dziesiątki bilionów tych meteorów ognistych przerzynają rocznie firmament niebieski. Niektóre jednak noce są co do ich ilości szczególnie uprzywilejowane; występują one niekiedy tak obficie, że tworzą istny deszcz gwiazd, jakby snopy rac ognistych, wdzierających się na firmament,— zjawisko tak wspaniałe, że jak ukazanie się komety

utrwala się w pamięci: „Gwiazdy tysiącami z niebios spadały“, wspomina z przerażeniem stary poemat indyjski.

W dziejach nauki pamiętny jest spadek gwiazd w nocy 12 listopada 1799 r., obserwowany w Andach przez Humboldta, który po-

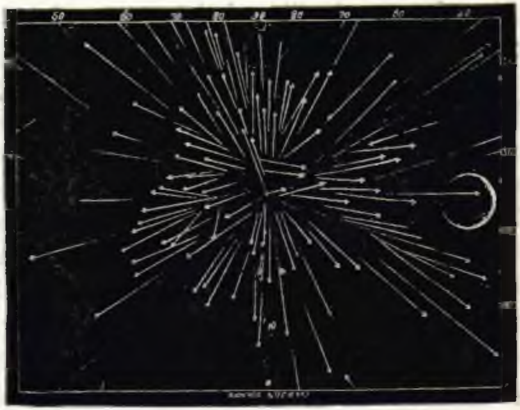


Fig. 19. Przebieg gwiazd spadających.

dówczas z taką dla nauki korzyścią przebywał w Ameryce południowej i który świetne to zjawisko opisał z żywością, w jaką umiał oblekać obrazy przyrody. Rysunek (fig. 19) słabe tylko daje wyobrażenie o wspaniałości tego potoku gwiaździstego; dostrzegamy tu jednak szczegół, który uszedł uwagi Humboldta

a który dla teoryi tego zjawiska, jak to poznamy, był najwyższego znaczenia, to mianowicie, że drogi przebieżone przez wszystkie te meteory wychodzą z ograniczonej, niewielkiej przestrzeni nieba. Fakt ten zauważył dopiero Olmsted w 1833 r., gdy zjawisko to z podobnąż świetnością powtórzyło się również 12 listopada; w chwili największego natężenia gwiazdy przebiegały w obfitości niemal takiej, jak płatki śnieżne; można je było liczyć z przybliżeniem dopiero, gdy zjawisko już znacznie osłabło, a wtedy jeden obserwator mógł ich naliczyć do pięćdziesięciu w ciągu minuty. Jednoczesność ta dat, wspaniałość obu zjawisk i niektóre inne podobieństwa nasunęły domysł, że między zjawiskami temi zachodzi związek, czyli raczej, że jestto jedno i toż samo zjawisko, powtarzające się w okresie 34-letnim, a Olbers przepowiedział następny jego powrót na rok 1867, co się też rzeczywiście zjiściło.

Zjawisko to zresztą, lubo w słabszem natężeniu, powtarza sią 12 listopada corocznie. a również uprzywilejowaną jest noc z 9 na 10 sierpnia; sierpniowy ten prąd gwiazd, zwany łzami św. Wawrzyńca, dla tego, że wtedy właśnie przypada święto tego męczennika, dawno już zwrócił na siebie uwagę ludu, a od prądu listopadowego tem się różni, że obfitość gwiazd

spadających jest tu corocznie niemal jednaką, gdy w listopadzie, jak już wiemy, ulega wyraźnej zmienności.

Widzimy z tego, że gwiazdy sierpniowe i listopadowe stanowią pewne zbiorowiska, roje metorów; należy je tedy, jako *gwiazdy spadające peryodyczne*, odróżnić od gwiazd ukazujących się każdej nocy, jakby rozrzuconych bezładnie, przypadkowych, *sporadycznych*. Baczniejsza wszakże uwaga nauczyła, że rój listopadowy i sierpniowy nie są jedynemi tego rodzaju zbiorowiskami. Poznano, że i gwiazdy wielu innych nocy dadzą się ująć w podobneż roje, lubo nie tak wybitne, rozdział więc gwiazd spadających na sporadyczne i peryodyczne nie da się ściśle przeprowadzić.

Gwiazdy spadające ciągną za sobą często ogon, który nieraz może być tylko złudzeniem optycznem, jak owa smuga świetlna, którą pozostawia za sobą węgiel rozżarzony, szybko w kółko obracany. Niekiedy jednak ogon taki pozostaje jako ślad świetlny po zniknięciu samej gwiazdy, trwający zbyt długo, aby go można było za złudzenie uważać; niekiedy też sama jego postać falowata lub też inaczej zawiła uczy, że mamy tu do czynienia z rzeczywistem, a nie pozornem tylko zjawiskiem. Gwiazdy takie stanowią już przejście do meteorów

świetniejszych, do bolidów czyli kul ognistych, rozlewających światło tak silne, że rozjaśniają całe niebo.

VII.

Bolidy czyli kule ogniste.

Jakkolwiek bez porównania od gwiazd spadających rzadsze, nie należą i kule ogniste do objawów zbyt osobliwych, w ciągu roku bowiem na całej ziemi zjawia się ich kilkadziesiąt zapewne. Jako pierwszy objaw dostrzegamy na niebie świecący punkt lub mały jasny obłoczek, z którego wysuwa się bryła szybko biegnąca; bryła rośnie i tworzy kulę ognistą, ziejącą iskrami i dymem. Pospolicie ciągnie ona za sobą ogon, złożony z płomieni, dymu i cząstek od głównej masy oderwanych. Nakoniec śród huku, przypominającego grzmot, kula pęka i rozpada się na części drobniejsze; gdy przebiega w dzień, zwykle huk ten dopiero zwraca na nią uwagę. Wyobrażenie o takim przebiegu daje rysunek meteoru obserwowanego w Ameryce północnej, 29 lipca 1894 roku (fig. 20).

Nie zawsze jednak bolid pęka i rozrzuca na

ziemię głazy, zwane aerolitami; niekiedy bolidy nader świetne przebiegają zupełnie bez huku i wracają zapewne znów w przestrzeń światową, z której przybyły. W każdym razie aerolity uważać należy za następstwo kul ognistych,



Fig. 20. Przebieg bolidu 29 lipca 1894 r.

rozbijających się z gwałtownym hukiem, nie dostrzeżono bowiem głazów meteorycznych, któreby bez podobnych objawów spadały.

Jedną z najsłynniejszych kul ognistych był słynny meteor z 30 stycznia 1868 roku, wi-

dziany w znacznej części kraju naszego, a noszący w rocznikach naukowych nazwę aerolitu pułtuskiego.

Około godziny 7-ej wieczorem przy pogodnem niebie ukazała się na horyzoncie warszawskim wspaniała kula ognista; dostrzeżoną została najpierw w gwiazdozbiorze Andromedy, w pobliżu jej głowy, i miała pozór gwiazdy pierwszej wielkości, ale rosła szybko, a po przejściu południka warszawskiego dorównywała niemal tarczy księżyca. Przesunęła się na firmamencie przez gwiazdozbiory Kasyopei, Cefeusza i Smoka ku Niedźwiedzicy Wielkiej. W okolicy tej rozwinęła potężną smugę ognistą, postaci jakby worka w końcu zaostrzonego, zajmującą około 9⁰ na długość, a 2⁰ na szerokość, to jest 18 razy dłuższą, a 4-kroć szerszą, aniżeli średnica księżyca (fig. 21). Światło, z początku żółtawe, przy powiększaniu się kuli przeszło w odcień niebieskawo-zielony, następnie w ciemno-czerwony, a natężenie jego było tak silne, że miasto wydawało się oblane łuną groźnego pożaru. W chwili, gdy olśniewające to zjawisko znikło dla wzroku obserwatorów w Warszawie, usłyszano huk gwałtowny, jakby potężny strzał armatni. Nazajutrz dowiedziano się, że pod Pułtuskiem kula ognista rozsypała istny deszcz kamienisty.

Bolid ten widziany był współcześnie w Gdańsku, Poznaniu, Krakowie, Pradze, Wiedniu, Grodnie, Dorpacie; w miejscach dalszych wystąpił jedynie jako świetna gwiazda spadająca, w innych jako kula ognista, przebiegająca bez



Fig. 21. Bolid pułtuski, 30 stycznia 1868 r.

huku, który słyszano na przestrzeni kilkudziesięciu mil kwadratowych, a w Pułtusku wreszcie opadł na ziemię. Stopniowanie to potwierdza domysł, że wszystkie te objawy różnią się między sobą jedynie tylko skalą swego natężenia i zaliczyć je należy do jednej kategoryi.

Dla zbadania bliższych okoliczności i zebrania aerolitów, na miejsce spadku kamieni wydelegowani zostali przez Szkolę Główną warszawską profesor Babczyński i ówczesny adjunkt obserwatoryum warszawskiego, Deike. I w okolicach Pułtuska kula ognista dostrzeżoną została najpierw jako gwiazda biegnąca z południo-wschodu na północo-zachód; pozorna jej wielkość szybko wzrastała, a światło rozlewała oślepiające. Nagle znikła, rozsypały się z niej świecące iskry, a na jej miejscu pozostał jasny obłok, z którego w ciągu pół minuty wyrywały się grzmoty śród bezustannego łoskotu. Współcześnie w wioskach położonych nad brzegami Narwi dał się słyszeć praskot i plusk spadających kamieni, uderzających o lód i o pokrywającą go wodę.

Meteor przeto rozbił się tu śród gwałtownego huku i rozpadł na niezmierną ilość drobnych ułamków, które pokryły przestrzeń dwudziestu kilometrów kwadratowych. Delegaci Szkoły Głównej zebrali przeszło 400 kamieni, ale znaczna ich ilość rozeszła się po kraju, a następnie dostała się do handlarzy minerałów, którzy posiadali po kilkaset okruchów tego pamiętnego aerolitu. Przeważna wszakże część spoczęła pod lodem na dnie Narwi lub zaginęła na polach pod śniegiem,

stąd ogólnej liczby spadłych kamieni podać choćby z przybliżeniem niepodobna; w każdym razie liczyć je można na dziesiątki tysięcy. Ze znanych deszczów kamienistych był to bodaj najobfitszy. Słynny również bolid 1866 r. w Knyahinii w Węgrzech rozrzucił tylko około 1000 kamieni; wspaniały meteor, który przeraził mieszkańców Madrytu 10 lutego 1896 roku, opuścił kilka zaledwie kamieni. Odłamki aerolitu pułtuskiego nie były to bryły wielkie, przeważnie okruchy, ważące po kilka lub kilkanaście gramów; największa miała ciężar siedmiu kilogramów, kilka innych ważyło po cztery kilogramy. Masę ich ogólną oceniono na 500 do 600 kilogramów.

Opis powyższej kuli ognistej daje się odnieść i do innych podobnych wypadków, chociaż szczegóły bywają mniej lub więcej odmienne. Barwy bolidów są dosyć rozmaite,— purpurowa, czerwona, żółta, zielona lub niebieska; rożni zresztą obserwatorowie jednemu i temuż samemu meteorowi różne przypisują kolory. Po zniknięciu kuli ogon widzialny jest jeszcze przez czas pewien, a nieraz pozostałe te smugi, które dla oka nieuzbrojonego ginęły po kilku sekundach, za pomocą lunety dawały się jeszcze śledzić przez pół godziny; prostolinijna ich postać pierwotna przechodzi

wtedy najczęściej w skrzywioną, falowatą lub eliptyczną; a wszystko rozwiewa się w postać wątłego obłoczka, który zwolna niknie.

VIII.

Aerolity.

Jakkolwiek nie wszystkie bolidy okruchy swe na ziemię zsyłają, to wszakże i tego zjawiska za rzadkie uważać nie należy, w rocznikach bowiem wiedzy znanych jest około 400 przypadków spadku kamieni, a pamiętać należy, że wieści te dobiegają do nas jedynie z tej niewielkiej części ziemi, która zajęta jest przez ludność oświeconą. Niepozornych tych głazów niepodobna dotykać bez najżywszego zajęcia. Nawykli do pojęć, że ze światami pozaziemskiemi łączy nas tylko węzeł ciążenia powszechnego, że z bezgranicznej przestrzeni wszechświata dochodzą do nas tylko promienie światła, objawy drgań eteru, stajemy zdumieni wobec brył, które są materyalnymi, dotykalnymi gońcami owych sfer dalekich, tajemniczych, zagadkowych. Chemik poddać je może swemu rozbiorowi; cóż więc powiedzą nam, jakie nieznane wykażą nam substancye, z jakich nowych zbudowane są pierwiastków?

Pytanie to, co prawda, nie ma już dziś wagi tak doniosłej, jak przed trzydziestu jeszcze laty. Odkąd analiza spektralna przetworzyła astronoma w chemika, wiemy, że w świecie całym nietylko jednakie działają siły, ale że i z jednakich zbudowany on jest materyałów, że w słońcu i gwiazdach odnajdujemy pierwiastki też same, które chemik z ciał ziemskich wydobywa. Dziś więc dziwić nas nie będzie, że nie napotkano w nich ani jednego pierwiastku, któregoby nie wykazała chemija ziemska.

W ogóle w aerolitach dotąd rozbieranych znaleziono 22 pierwiastki, z których, co do obfitości, na pierwszym planie postawić należy żelazo, występujące bądź w stanie rodzimym, bądź w związku z siarką i tlenem; dalej idą krzem, magnez, nikiel—nieodstępny towarzysz żelaza, kobalt, chrom, mangan, tytan, cyna, miedź, glin, potas, sod, wapń, arsen, fosfór, tlen, azot, siarka, chlor, wodór, wreszcie węgiel. Związki jednak tych pierwiastków meteorycznych bardzo są różne. Stosownie do tego, czy w głazach tych przeważa żelazo rodzime, czy też główny ich materyał składa się z minerałów niemetalicznych, można je zestawić w dwie grupy: meteoryty żelaziste i kamienne; jedne i drugie podzielił Gustaw Rose na kilka grup, przedstawiających różne cechy

mineralogiczne. Autor „geologii doświadczalnej“, Daubrée, dzieli je również na dwa działy: syderyty, które zawierają żelazo w stanie rodzimym, i asyderyty, zgoła go nieposiadające. Między syderytami jedne wcale materyałów kamienistych nie zawierają (holosyderyty), w drugich materyały te zachodzą, tworząc jednak podrzędne tylko części składowe (syssyderyty); w innych natomiast (sporadosydery-



Fig. 22. Odłamek aerolitu pułtuskiego.

ty) te ostatnie przeważają, a żelazo występuje tylko w postaci ziarn rozmaitej wielkości i w rozmaitej ilości w masie kamienistej rozrzuconych; te ostatnie stanowią dział najliczniejszy meteorytów,—do nich należy i aerolit pułtuski, którego odłamek przedstawia fig. 22.

Spadek *meteorytów żelazistych* zauważono dotąd kilka zaledwie razy; najdokładniej zna-

nym jest spadek żelaza meteorycznego w Broumowie w Czechach 14 lipca 1847 r. O trzy kwadranse na czwartą mieszkańcy tego miasteczka i okolic zbudzeni zostali dwoma gwałtownemi wystrzałami. Na całym stoku południowym gór szląsko-czeskich słyszano w tym czasie potężny szum w powietrzu. Przy pogodnem niebie dostrzeżono czarną chmurkę, która się nagle zaczerwieniła, rozsyłając błyskawice na wsze strony, a przy opowiedzianych wyżej dwu wystrzałach opuściła ku ziemi dwie smugi ogniste. Sądzono, że to piorun uderzył o sto kroków od pobliskiej wioski, a po zbadaniu tego miejsca okazało się, że spadła tam masa rozżarzona, która się na trzy stopy w ziemię zaryła. W sześć godzin po spadku była jeszcze tak gorąca, że niepodobna było jej się dotknąć; ważyła 21,1 kilograma. Przechowaną jest w gabinecie mineralogicznym w Wiedniu. Drugi odłamek tego meteoru, ważący 15,25 kilograma, spadł w Broumowie do domu, którego dach przebił.

Dostrzeżonych spadków żelaza meteorycznego, jak powiedzieliśmy, jest bardzo mało znanych: ośm do dziesięciu. Natomiast znaną jest znaczna liczba mas żelaznych, których pochodzenie meteoryczne uważa się niewątpliwe, lubo spadku ich na ziemię bezpośrednio nie wi-

dziano. W drugiej połowie zeszłego stulecia objeżdżał Syberyę naturalista Piotr Szymon Pallas i w pobliżu Jenisseju znalazł wielką masę żelazną. Słynna ta bryła, znajdująca się obecnie w Petersburgu, ważyła pierwotnie 688 kilogramów, teraz jest znacznie lżejszą, gdyż wiele jej odłamków przesłano rozmaitym



Fig. 23. Odłamek żelaza Pallasa.

zbiorom. Jest to bryła żelaza rodzimego (fig. 23), której liczne wydrążenia wypełnione są oliwinem, minerałem zielono-żółtym, krystalicznym, prawie zawsze istniejącym we właściwych kamieniach meteorycznych. Zresztą następnie poznano w różnych miejscach niewątpliwe aerolity, zupełnie takiegoż samego składu. Chladni pierwszy rzucił domysł, że bryła Pallasa jest pochodzenia meteorycznego.

W wiosce La Caille, w departamencie Var, od niepamiętnych czasów przed wrotami kościelnemi leżała bryła żelazna, ważąca 591 kg., która tam służyła za ławkę, dopóki w r. 1848, jako piękny okaz żelaza meteorycznego, nie powędrowała do muzeum historyi naturalnej w Paryżu. W pobliżu Trewiru jeszcze w r. 1802 znajdowała się masa żelazna, ważąca około 1790 kg., którą przeniesiono do huty żelaznej dla przerobienia jej w ogniu, a gdy się to nie udało, odrzucono ją na bok, tak, że gdy poznano jej pochodzenie meteoryczne, zostały tylko drobne szczątki masy pierwotnej, przez ogień niezmienione, które pozwalają wnosić o podobieństwie z bryłą Pallasową. Podobnemuż losowi uległ głaz żelazny, ważący 276 kg., znaleziony przez wieśniaków w pobliżu wioski Nieczajowo pod Tułą i przedany przez nich do huty żelaznej; małą jego cząstkę ocalił doktór Aurbach i zachował dla nauki.

Wszystkie te bryły żelazne są jednak drobne w porównaniu z niektóremi amerykańskiemi. W dolinie Toluca, na zachód miasta Meksyku, leży znaczna ilość brył żelaznych, które jeszcze przed przybyciem Hiszpanów używane były na wyroby. W Argentynie, w pustych okolicach St. Jago del Estero, znajdują się bryły dochodzące 15 000 kilogramów wagi. W roku

1870-ym wyprawa szwedzka pod dowództwem Nordenskjölda znalazła na wyspie grenlandzkiej Disco, w pobliżu wybrzeża, w miejscowości zwanej Owifak, trzy wielkie masy żelazne, których ciężar oceniono na 25 000, 10 000 i 4 500 kilogr., oprócz wielu pomniejszych. Niektore z nich sprowadzono do muzeum sztokholmskiego. Większa jeszcze bryła żelaza meteorycznego, która długie stulecia przeleżała w innej okolicy Grenlandyi, na wybrzeżu północnem zatoki Melville'a, opuściła te strefy niedostępne i niegościnne. O olbrzymiej tej bryle słyszał już kapitan Ross podczas swej podróży podbiegunowej 1818 r. Przed pięćdziesięciu laty, gdy Inglefield wrócił z wyprawy do północno-zachodnich brzegów Grenlandyi, opowiadał, że w rękach krajowców widział narzędzia żelazne, do których materyału dostarczały im wielkie kamienie. Eskimosi wszakże nie chcieli mu wskazać żadnego z tych głazów żelaznych, w obawie, by nie pozbawiono ich skarbu tak drogocennego. W ostatnich dopiero czasach Peary, porucznik marynarki amerykańskiej, odkrył rzeczywiście w r, 1894 meteoryt, który znajdował się w niewielkiej od brzegów odległości, zupełnie w ziemi zagrzebany, a nad powierzchnię wyzierał zaledwie jego wierzchołek. Do wykopania tak

potężnej bryły nie posiadał wówczas żeglarz amerykański niezbędnych narzędzi, ale w trzy lata później, zaopatrzywszy się w odpowiednie windy hydrauliczne, udał się tam powtórnie, wydobył aerolit (fig. 25) i we wrześniu 1897 r. sprowadził go do Nowego Yorku, gdzie jest



Fig. 24. Olbrzymi aerolit grenlandzki.

obecnie największą osobliwością jednego z tamecznych muzeów (fig. 24).

Ostatnie te masy żelaza rodzimego różnią się wprawdzie od skał ziemskich, ale też dosyć są odmienne od innych brył żelaza meteorycznego, a stąd badacze nie są zgoła pewni ich pochodzenia kosmicznego, nie mamy bo-

wiem istotnie pewnych skazówek na oznaczenie początku meteorycznego tych mas żelaznych. Żelazno rodzime telluryczne, t. j. po-



Fig. 25. Wydobycie aerolitu grenlandzkiego we wrześniu 1897 r.

chodzenia ziemskiego, jest wprawdzie rzeczą bardzo rzadką, istną osobliwością mineralogiczną, ale nie dowodzi to, aby każdy kawał że-

laza rodzimego dostawał się ze sfer naziemskich. Za pewną oznakę pochodzenia meteorycznego uważa się obecność przy żelazie niklu, ale są też aerolity żelaziste, zgoła niklu niezawierające. W r. 1808 poznał Waldmann-



Fig. 26. Figury Waldmannstättena.

stätten, że wygładzone części meteorytów żelaznych, traktowane kwasem azotnym, okazują właściwe linije, krzyżujące się pod różnemi kątami (fig. 26). Rysy te, zwane figurami Waldmannstättena, pochodzą stąd, że masa tych aerolitów składa się z cienkich warstw

drobnych kryształków i pod względem chemicznym nie jest jednorodną; jedne przeto części łatwiej aniżeli inne wpływowi kwasów ulegają. I ten wszakże dowód nie jest stanowczy; są bowiem bryły żelaza meteorycznego, które linij takich nie okazują.

Kamienie meteoryczne, stanowiące drugi dział aerolitów, są daleko pospolitsze, a przynajmniej spadek ich znacznie częściej obserwować się daje. Przeważna ich część posiada masę szarawą, jaśniejszą lub ciemniejszą, utworzoną z różnych minerałów, należących głównie do grupy krzemianów, jak: oliwinu, broncytu, augitu, anortytu, znanych dobrze i w skałach ziemskich. Przedstawiają one zupełne podobieństwo do skał krystalicznych ziemi, to jest do skał pochodzenia ogniowego, plutonicznych, dawniejszych, stanowiących głębsze warstwy jej skorupy; nie znamy ani jednego głazu meteorycznego, któryby odpowiadał wierzchnim, napływowym, nowszym skałom ziemskim. Często aerolity, w ogólnej swej, ziemistej, tufowej masie, zawierają obok bryłek żelaza niklowego rozsiane kulki (chondry) oliwinu i broncytu; zalecają się wtedy w ogólności prawidłową budową promienistą i mają nazwę *chondrytów* (fig. 27). Inne, przez mineralogów wyróżnione grupy kamieni

meteorycznych, są: *eukryty*, zbliżone do ziemskich law bazaltowych, *szasynity (chassignity)*, pokrewne skałom oliwinowym, *howardyty*, *chladnity*, *bustyty* i *rodyty*. Oddzielną też kategoryę stanowią meteoryty węglowe, zawierające substancyę ziemistą, złożoną z węgla, tlenu i wodoru, znane zresztą z niewielu tylko spadków. Węgiel występuje w meteorytach także w postaci grafitu, a w aerolicie spadłym



Fig. 27. Chondryt.

d. 22 września 1896 r., w wiosce Nowo-Urej w gubernii Penzeńskiej, wykryto nawet dyamenty. Były to wprawdzie tylko ziarna mikroskopowe, a za dyamenty uznano je na podstawie ich twardości, rysowały bowiem korund. Dawniej już zresztą domyślał się Gustaw Rose dyametu w żelazie meteorycznem z Arva w Węgrzech.

Najbogatsze zbiory aerolitów znajdują się

w Wiedniu, Paryżu, Londynie, Peszcie, Kalkucie, Berlinie, Tubindze (dawny zbiór Reichenbacha), Getyndze, Strassburgu, Bonn; słynne są też zbiory prywatne Grega w Manchester i Sheparda w Newhaven, w Ameryce północnej.

Widzieliśmy już wyżej, że rodzime żelazo meteoryczne nieraz służyło ludziom, jako materyał gotowy na wyrób narzędzi; pod tym względem szczególnego losu doznał jeden z odłamków aerolitu pułtuskiego, użyto go bowiem na pieczęć dla króla anamitańskiego. Dopóki, mianowicie, Anam pozostawał pod zwierzchnictwem Chin, oznaką tej zależności była pieczęć, jaką król otrzymywał od cesarza chińskiego; gdy więc Anam w r. 1887 przeszedł pod władzę Francyi, postanowił i rząd rzeczypospolitej przesłać królowi Dong-Chanowi, jako oznakę jego inwestytury, podobnąż pieczęć urzędową. Aby zaś godną była zarazem i zwierzchniczej rzeczypospolitej i podległego królestwa, należało ją wyrobić z substancyi dosyć cennej. Rząd francuski zwrócił się więc o radę do znanego mineraloga, Stanisława Meunier, który osądził, że „synowi nieba“, za jakiego się król anamitański uważa, należy ofiarować przedmiot z nieba pochodzący, dlatego też zaproponował użycie do tego celu

bryły meteorycznej. Po wielu wszakże dopiero poszukiwaniach we Francyi i zagranicą okaz odpowiedni, nieposiadający żadnej szczeliny, dogodną postać i dostateczną wielkość, napotkano u pewnego handlarza minerałów



Fig. 28. Pieczęć z aerolitu pułtuskiego.

w Wiedniu i nabyto go za 400 franków. Okaz ten stanowi odłamek aerolitu pułtuskiego; jaką zaś drogą dostał się do kupca wiedeńskiego, powiedzieć nie umiemy. Osobliwą tę pieczęć przedstawia załączona rycina (fig. 28); w dol-

nej części osadzony jest na niej krążek owalny ze złota, na którym napis został wyrznięty.

Nie po raz pierwszy zresztą bryla meteoryczna zyskała zastosowanie. Boussingault opowiada, że Bolivar przy uroczystościach urzędowych przypasywał szpadę wykutą z aerolitu żelazistego, lubo do użytku wojennego broń ta nie mogła być użytą. Z podobnegoż materyału miała być ukuta szabla cesarza mongolskiego, D'Gehan-Guira w wieku XVII, a jedyny przedmiot żelazny, jaki znalazł Schliemann w gruzach Troi, był to sztylet z żelaza meteorycznego.

IX.

Przebieg meteorów przez atmosferę.

Wszystkie prawie aerolity przedstawiają tę wspólną cechę, że powierzchnia ich otoczona jest powłoką szklistą, czarniawą, będącą widocznie następstwem nadtopienia bryły na jej powierzchni.

Powłoka ta jest nader cienka, grubość jej nie przechodzi jednego milimetra. Szczegół ten uczy wyraźnie, że meteor przez czas krótki tylko poddany był dzialaniu wysokiej tem-

peratury, że rozżarzył się w nieznacznej od nas odległości. Krążąc w przestrzeni światowej, był on zimny i ciemny, rozpalił się dopiero w naszej atmosferze. Przez krótką tę chwilę ciepło na powierzchni jego wywiązane nie zdołało jeszcze przedrzeć się do wnętrza, które też przeobrażeniu nie uległo. W chwili spadku, jak to kilkakrotnie dostrzedz zdołano, aerolit jest na powierzchni gorący, gdy wnętrze jego jest zimne.

Ale dlaczego rozpałają się te bryły w atmosferze ziemskiej; jaka to przyczyna podsyca temperaturę ich do tego stopnia, że oblekają się skorupą zeszkloną i rozsyłają jarzące światło?

Wsparci na podstawach dzisiejszej fizyki, na teoryi mechanicznej ciepła, zagadkę tę rozwiążemy łatwo. Powtarza się tu na wielką skalę, co w drobnych rozmiarach zachodzi w krzesiwku pneumatycznem, gdzie przez gwałtowne stłoczenie powietrza zapala się hubka do tłoka przyczepiona. I aerolit, wdzierając się do atmosfery ze znaczną szybkością, naciska i zagęszcza powietrze znajdujące się w kierunku jego drogi, a wskutek ciepła tak wzbudzonego sam się rozżarza. Wedle dzisiejszych naszych pojęć ciepło jest objawem niedostrzegalnego ruchu najdrobniejszych czą-

stek ciała; gdy Indyanin wzbudza płomień przez tarcie dwu kawałków drzewa, gdy my sami zapalamy zapałkę przez potarcie jej o ścianę, powodujemy tylko przeobrażenie ruchu, ruch widoczny, ruch całych mas przechodzi tu w ów niedostrzegalny ruch cząsteczek, objawiający się jako ciepło. Ciało gorące od zimnego tem się tylko różni, że cząstki jego żywszemu ulegają drganiu. Gdy aerolit z niesłychaną szybkością wdziera się w coraz gęstsze warstwy powietrza, napotyka opór coraz znaczniejszy, bieg jego zwalnia się, siła żywa, energija w biegu jego się objawiająca, ulega w części zatraceniu; nie ginie jednak, ale zamienia się tylko w inną formę energii, siły żywej, objawia się jako ciepło; temperatura spadającego głazu meteorycznego wzrasta do kilku tysięcy stopni, meteor rozżarza się i świeci.

Tenże sam opór powietrza tłómaczy także pękanie meteorytów, a to przez nacisk, jaki zgęszczone powietrze nań wywiera; ciśnienie to zależy od szybkości padającego meteoru, oraz od gęstości warstw atmosfery, które przebiega, i wystarcza do zgruchotania głazu. Niektórzy znów pękanie uważają za działanie sił wewnętrznych meteoru, zatem za objaw eksplozyi, wybuchu, gwałtownego wywiązywania

się gazów rozgrzanych. Pogląd ten usprawiedliwić można gwałtownym hukiem, który towarzyszy rozpadaniu się meteoru; ale huk ten można też tłómaczyć wstrząśnieniem atmosfery, jakkolwiek objaśnienie to napotyka trudność w tej okoliczności, że w górnych tych warstwach, w których pękanie meteoru zachodzi, powietrze jest już niewypowiedzianie rozrzedzone, a gaz tak rzadki słabo tylko głos przeprowadza.

Niepodobna tedy się pochlubić, byśmy dokładnie już znali całą sprawę przebiegu meteoru przez atmosferę naszą. Kula ognista przedstawia często średnicę bardzo wielką, dochodzi wymiarów tarczy księżyca, a że widzimy ją w wysokości bardzo znacznej, trzebaby jej przypisać bardzo wielkie wymiary. Tymczasem zaś z bryły tak olbrzymiej spada masa kamieni, ważąca kilkaset ledwie kilogramów; tak było z aerolitem pułtuskim. Być może, że olbrzymi taki meteor nie jest bryłą jednolitą, ale zbiorowiskiem, rojem drobnych ciałek, oddzielonych może znacznemi przestrzeniami, a które oko, ulegając złudzeniu, w jednę całość łączy. Domysł ten potwierdza spostrzeżenie Schmidta w Atenach, który miał sposobność widzieć meteor przez lunetę (fig. 29). Niektórzy uczeni zupełnie nawet odrzucają przy-

puszczenie o pękaniu, rozbijaniu się meteorów w powietrzu.

Objaśnienie powyższe odnieśliśmy do wielkich kul ognistych, do aerolitów. Cała droga meteoru przez powietrze wynosi kilka zaledwie sekund; przez chwilę tak krótką ciepło do wnętrza przeniknąć nie zdoła, ale gdy meteor jest dostatecznie drobny, temperatura tak wzbudzona wystarczyć już może do jego zagłady, powoduje ulotnienie się jego już w wyższych warstwach atmosfery: mamy wte-

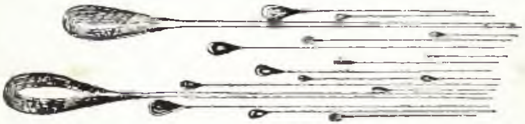


Fig. 29. Rój drobnych meteorów.

dy zwykłą gwiazdę spadającą, o blasku słabszym lub jaśniejszym. Zapewne, pomiędzy drobną, skromną gwiazdką, a wspaniałym bolidem, wdzierającym się do naszej atmosfery śród blasku, huku i szumu, zasypującym ziemię gradem kamieni, przepaść jest wielka, ale wypełnić ją można przejściami stopniowemi, a różnice wydają się ilościowemi raczej, aniżeli jakościowemi. Znając odległość widzianego meteoru i prędkość, z jaką bieży, można z blasku jego z niejakiem przybliżeniem

wnosić o jego wielkości. W taki sposób ocenił Herschel, że podczas prądu gwiazd spadłych w nocy z 9 na 10 sierpnia 1863 r. najświetniejsze z nich, jaśniejące jak Wenus lub Jowisz, miały masę nie większą nad 2 do 3 kilogramów, te zaś, które okazywały blask gwiazd drugiej lub trzeciej wielkości, ważyły ledwie około 6 gramów: drobniejsze tedy gwiazdy spadające mają ciężar niedorównywający nawet gramowi. Schiaparelli podobnąż masę gwiazdom spadającym przypisuje. Pojmujemy tedy, że drobny taki meteor ulega zupełnemu starciu i zagładzie, rozchodzi się w atmosferze w postaci pyłu nieujętego, którego śladu na ziemi trudno już dopatrzyć.

Lud, napotykając w różnych miejscach zeschłe substancye galaretowate, kleiste, uważa je za materyę przez gwiazdy spadające rozrzuconą; są to wszakże niewątpliwie szczątki organiczne, zwierzęce. Prawdopodobniejszem już jest, że pył żelazisty *(kryokonit)*, który napotkał Nordenskjöld na śniegach Szpicbergu, złożony z proszku żelaza, niklu i kobaltu, ma początek meteoryczny, że jest to właśnie opad startych w powietrzu meteorów. Czy rzeczywiście kryokonit ten jest to pył kosmiczny, tego dotąd nie rozstrzygnięto, chociaż przy niektórych spadkach meteorycznych, jak w Szwe-

cyi 1869 r., zebrano drobne ziarna i proch obok kamieni większych.

Meteor każdy dostrzegamy wtedy dopiero, gdy się już rozpłomienił, gdy zajaśniał. Rzeczą jest zarówno ciekawą jak i ważną poznać wysokość, w jakiej bryła taka ukazuje się i w jakiej gaśnie, niknie. Zadanie to, jak zre-

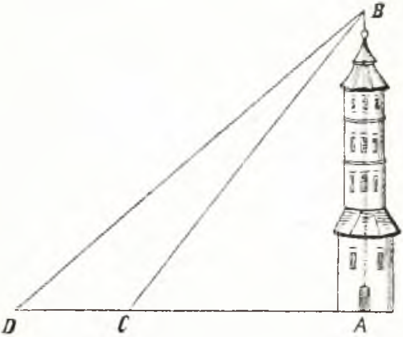


Fig. 30. Oznaczanie wysokości punktu niedostępnego.

sztą każda w ogóle ocena odległości niedostępnego przedmiotu, polega na zestawieniu dwu obserwacyj. Jeżeli w najprostszym przypadku idzie o oznaczenie wysokości wieży *A B* (fig. 30), spoglądamy na szczyt jej najpierw z punktu dowolnie obranego *C*, oznaczając za pomocą jakiegokolwiek kątomiaru kąt, pod którym szczyt ten widzimy, to jest kąt *ACB;* kąt

ten zresztą uczy tylko, jak wysoko głowę podnieść należy, aby wierzchołek wieży dojrzeć. Podobnież z innego, również dowolnego miejsca *D* oznaczamy kąt *ADB*. Jeżeli nadto zmierzymy podstawę *DC*, t. j. odległość obu stanowisk, będziemy w trójkącie *BCD* znali bok *DC* i dwa przyległe mu kąty: proste tedy zasady geometryczne pozwolą nam obliczyć długość boku *CB*, a w dalszym ciągu i żądaną wysokość wieży *AB*.

W przypadku, o który nam teraz idzie, zadanie utrudnia się szybkim przebiegiem zjawiska. Potrzeba tu dwu obserwatorów umieszczonych w odległości jednej lub kilku mil, którzyby czyhali na przebieg każdej gwiazdki i notowali kierunki, w jakich ją dostrzegają. Drobne okoliczności, towarzyszące zjawieniu się meteorów, pozwolą im wyróżnić te, które obaj widzieli; z zestawienia swych dostrzeżeń mogą tedy obliczyć wysokości, w których się meteory ukazywały.

Obserwacye takie prowadzili po raz pierwszy w końcu zeszłego wieku Brandes i Benzenberg. Z tych i licznych następnych dostrzeżeń wypada, że meteory ukazują się w różnej wysokości, za której kres uważać można 160 kilometrów, czyli około 20 mil geogra-

ficznych, lubo wyjątkowo dostrzegano je i w wysokościach znaczniejszych.

Poznaliśmy, że przyczyną rozpalania się meteorów jest zagęszczanie powietrza; innej przyczyny nauka wskazać nie umie: musimy tedy przyjąć, że atmosfera sięga do 20 i więcej mil w górę. W wysokości tej jest ona już niewypowiedzianie rzadką; nie wiemy nawet nic o istocie jej i składzie w tych odległościach, ale zgodzić się na to musimy, że stanowi ona tam jeszcze środek dostatecznie oporny, gdy zimne i ciemne głazy przeprowadza w bryły rozżarzone i jasne.

Skoro znamy wysokość, w której gwiazda spadająca ukazuje się i niknie, a zarazem drogę pozorną, jaką na niebie opisuje, oznaczyć też możemy długość istotną tej drogi, a w dalszym ciągu i szybkość meteoru, to jest drogę, jaką on w ciągu sekundy przebiega. Szybkość ta wynosi średnio 38 kilometrów przeszło, ale bywa i znacznie większą. Jest to szybkość niesłychana, przewyższająca nieporównanie prędkość ciał, choćby najhyżej na ziemi biegnących. Kula armatnia przebiega na sekundę około 500 metrów czyli pół wiorsty. Szybkość, o jakiej mówimy, napotykamy tylko w ruchach planetarnych, w biegu ciał niebieskich, a to stanowi jeden jeszcze dowód, że

meteory są pochodzenia kosmicznego, pozaziemskiego.

Ziemia w swym ruchu rocznym dokoła słońca ubiega na sekundę 4 mile, czyli 240 mil na minutę; gwiazdy spadające, meteory, biegną prędzej jeszcze. Na szybkość tę meteorów zwrócił szczególną baczność Schiaparelli i wyjaśnił nią fakt osobliwy, dawno dostrzeżony, że liczba gwiazd spadających w godzinach rannych



Fig. 31. Spadek meteorów w godzinach rannych i wieczornych.

jest większą, aniżeli w wieczornych. Objaśnia to rycina (fig. 31). Ziemia biegnie od zachodu ku wschodowi, obracając się około osi również w tymże samym kierunku. Gdy w punkcie *a* przypada chwila południa, punkt *c* ma północ; punkt *d*, gdzie świta ranek, zwrócony jest w stronę nieba, ku której ziemia bieży *(apex)*, punkt *b* jest od okolicy tej odwrócony *(antiapex)*. Gdyby meteory były nieruchome, spadek ich byłby jedynie następstwem biegu zie-

mi, mógłby tedy następować tylko w godzinach rannych. Meteory wszakże mają ruch własny: dlatego widzimy je w godzinach rannych i wieczornych, ale w godzinach rannych więcej. Zachodzi tu toż samo, co spostrzegamy, idąc ożywioną ulicą: zawsze spotykać będziemy więcej ludzi idących naprzeciwko nas, aniżeli przechodzących koło nas w tymże samym kierunku. Tak samo napotykać będziemy więcej meteorów ku nam biegnących, zatem w godzinach rannych, aniżeli sunących za nami w godzinach wieczornych. Skoro zaś widzimy je i wieczorem, musi być ich szybkość większa aniżeli szybkość ziemi, a z porównania ilości gwiazd, spadających rano i wieczorem, obliczył Schiaparelli, że średnia szybkość, z jaką wpadają do naszej atmosfery, zatem, z jaką biegną w przestrzeni, wynosi 6 mil, jest więc blizko półtora raza większą, aniżeli szybkość ziemi, aniżeli szybkość planetarna. Ale i z podobną szybkością spotykamy się na niebie; tak prędko mianowicie biegną komety, gdy się w pobliżu słońca znajdują. Mechanika niebieska uczy, jak widzieliśmy już wyżej, że pomiędzy szybkością ciała niebieskiego, a drogą, po której ono bieży, zachodzi bezpośrednia zależność, z szybkości tedy gwiazd spadających wynika, że drobne te ciałka biegną w prze-

strzeni po elipsach nader wydłużonych, niemal po parabolach. Gdy zaś ciało niebieskie posuwa się z większą jeszcze szybkością, droga jego nie będzie już elipsą wydłużoną, ani parabolą, ale liniją bardziej jeszcze rozbieżną, hyperbolą (fig. 9). Obliczenia, oparte na spostrzeżeniach biegu meteoru pułtuskiego, wykazały, że posiadał szybkość 54 kilometrów, czyli 7 mil geograficznych. Widziano bolidy z większą jeszcze biegnące chyżością; drogi ich w przestrzeni były tedy hyperboliczne, odmienne od dróg zwykłych gwiazd spadających.

W wywodach poprzednich zestawiliśmy gwiazdy spadające i bolidy w jednę grupę ciał niebieskich, różniących się tylko wielkością lub innemi podrzędnemi szczegółami. Teraz odnajdujemy różnicę istotną, odmienne drogi, po których biegną. Nie wiadomo, czy tak znaczna prędkość, zauważana u kilku bolidów, przypada wszystkim podobnym bryłom; gdyby tak było, trzebaby w kulach ognistych widzieć ciała innego pochodzenia. Gwiazdy spadające, biegnące po najbardziej choćby wydłużonych elipsach, zaliczyć należy do stałych mieszkańców układu słonecznego; bolidy przybywają może ze światów dalszych, są może gońcami gwiazd odległych i przebiegają po linijach prostych przestrzeń bezgraniczną, światową, za-

nim ulegną przyciągnięciu któregokolwiek słońca, którejkolwiek planety.

Ze względu, że aerolity przedstawiają wykończoną niejako budową geologiczną, niektórzy geologowie wyróżniają je od zwykłych gwiazd spadających, jako bryły odrębnego pochodzenia, i uważają je za szczątki pozostałe z rozbicia się księżyców lub planet: mają to być więc rumowiska, kamienie grobowe dawnych światów, nieznanemu jakiemuś kataklizmowi uległych. Pod wpływem poglądu takiego kilkanaście lat temu odszukał Hahn w aerolitach i opisał skamienialości zwierzęce; miały to być organizmy tak dalece podobne do naszych ziemskich korali i pokrewnych im istot, że dały się rozmieścić w gromadach a nawet rzędach zoologicznych; krytyka naukowa jednak zaprzeczyła temu niespodzianemu odkryciu, a w linijach, ktore Hahn uważa za ślady organów zwierzęcych, dostrzega jedynie rysy pochodzące z popękania głazów, albo z układu ich cząsteczek, co zachodzi zwłaszcza w chondrytach (fig. 27). Nadzieja przeto, że będziemy posiadać zoologiję astronomiczną, była przedwczesną. Jeżeli zresztą mamy posuwać dalej analogiję z ziemią, to wiemy, że na planecie naszej życie rozwinęło się dopiero na skałach nowszych, utworzonych

działaniem wód, a wszystkie aerolity, jak poznaliśmy wyżej, przedstawiają utwory pochodzenia ogniowego, odpowiadają pierwotnym, plutonicznym skałom ziemskim.

Czy bryła taka, zbliżywszy się do ziemi tak dalece, że ulegnie wpływowi jej przyciągania, rzeczywiście na powierzchnię jej spadnie, czy też przesunie się tylko obok niej i wybieży znów w przestrzeń światową, zależy to prze-

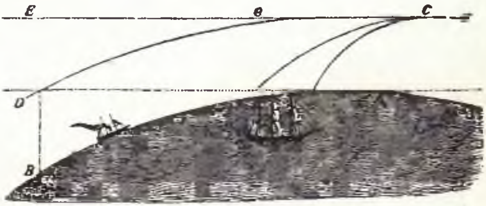


Fig. 32. Bieg aerolitu spadającego na ziemię.

dewszystkiem od szybkości tej bryły i od odległości, w jakiej ziemię napotyka. Dajmy, że meteor przebiega w pobliżu ziemi w kierunku *CE* (fig. 32); skutkiem bezwładności usiłuje on pozostać w jednakim ciągle stanie, ciągle na linii *CE*. Przyciąganie jednak ziemi odrywa go od tego kierunku i zbliża ku jej powierzchni. Bryla tedy poddaną jest współczesnemu działaniu dwu sił: posuwając się w kierunku *CE*, opada zarazem statecznie ku

ziemi, biegnie tedy po linii więcej lub mniej skrzywionej i spada nakoniec na ziemię. Ale i ziemia sama się skrzywia, obniża się mianowicie o 5 metrów na odległości 8 kilometrów; zdarzyć się zatem może, że kamień o tyle właśnie pochylać się będzie ku ziemi, ile skrzywienie jej wynosi, a wtedy statecznie w jednej od powierzchni ziemi pozostawać będzie odległości, będzie już biegł dokoła niej, jakby drobny księżyc,—pochwycony jej przyciąganiem, pozostanie w wiecznej u niej niewoli. Gdy zaś pochylenie się jego drogi będzie mniejsze, aniżeli skrzywienie powierzchni ziemi, pojmujemy łatwo, że pomimo jej wpływu kamień dalej w świat pobieży; droga jedynie jego ulegnie zakłóceniu, przeobrażeniu, meteor posunie się już dalej w kierunku odmiennym.

X.

Łączność komet i meteorów.

Rozważania nasze prowadzą tedy do wniosku, że wszelkie meteory, ukazujące się nam jako gwiazdy spadające, jako bolidy, dostające się na ziemię w postaci brył żelaznych lub głazów kamiennych, są to samoistne ciała nie-

bieskie. Nietylko słońca czyli gwiazdy i krążące dokoła nich planety zajmują obszary wszechświata, ale zapełniają ją też drobne, niepozorne bryły, rozrzucone w przestrzeni, biegnące w niej samopas lub gromadnie. W tej nieograniczonej przestrzeni światowej, choćby jeden tylko meteroid na całe miliony mil sześciennych przypadał, ilość ich jeszcze byłaby nieskończenie wielką.

Gwiazdy spadające ukazują się każdej nocy, ziemia napotyka je na każdym punkcie swej drogi, przypuszczać tedy należy, że są one w przestrzeni wszędzie i bezładnie rozrzucone; gdy wszakże przypomnimy sobie spadek gwiazd listopadowych i sierpniowych, statecznie, peryodycznie się powtarzający, przyjąć musimy, że jedne i drugie stanowią jakieś wspólne zbiorowiska meteorów, z których jedno napotyka ziemia w tym punkcie swej drogi, gdzie się znajduje 12 listopada, a drugie tam, gdzie przypada 9 sierpnia. Ziemia bowiem, obiegając drogę dokoła słońca, zajmuje codziennie inne miejsce w przestrzeni i corocznie o jednej porze jednakie względem słońca zajmuje położenie; gdy więc w oznaczonych miejscach statecznie napotyka prąd gwiazd spadających, to w okolicach tych nagromadzone być muszą owe drobne bryły, które, przez

nią przyciągane, wpadają do jej atmosfery i w niej się rozżarzają. Rój taki meteroidów w układzie słonecznym nie może się wszakże na jednem utrzymywać miejscu, ale jak planety i komety biedz musi dokoła słońca. Wypływa z tego, że droga roju peryodycznego krzyżuje się z drogą ziemi, która przebija się właśnie przez ten rój, lub też przynajmniej bardzo blizko niego się przesuwa w dniu, gdy nas prąd gwiazd spadających napotyka.

Jeżeli w czasie obfitego spadku gwiazd zapamiętamy drogi, jakie przebiegają gwiazdy, i wyobrazimy sobie na sklepieniu niebieskim drogi te wstecz przedłużone (fig. 19), to poznamy, że wszystkie te drogi zbiegają się w jednym punkcie firmamentu, który stanowi *punkt radyacyi*, *punkt promieniowania*, promieniejący, albo poprostu *radyant*. Punkt ten przez cały czas zjawiska przypada stale na tem samem miejscu na niebie, gdy gwiazdy w skutek obrotu dziennego biegną od wschodu na zachód, punkt ten przesuwa się wraz z niemi; uczy to raz jeszcze, że meteory nie wytryskują z atmosfery ziemskiej, ale przybywają z przestrzeni światowej, bo w obrocie ziemi udziału nie biorą. Punkt ten promieniowania polega zresztą na złudzeniu perspektywicznem tylko. Wyobraźmy sobie kilka równoległych i długich

szeregów drzew: oko nasze nie może ścigać drzew tych aż do początku alej i ulegamy złudzeniu, że wszystkie te szeregi wybiegają ze wspólnego początku. Podobnież i punkt promieniowania jest to poprostu punkt położony na drodze tych meteorów, które biegną w przestrzeni po linijach równoległych w jednej zwartej masie, czyli raczej stanowią rój biegnący po wspólnej drodze. Dokładne oznaczenie punktu tego na niebie jest rzeczą bardzo ważną, bo przy pomocy innych danych posługuje on do obliczenia drogi roju meteorów.

Rój listopadowy i sierpniowy są najlepiej znane, ale badania Heissa, Grega, Schmidta, Zeziolego, Denninga wykazały znaczną liczbę innych podobnych zbiorowisk, które ziemia napotyka w ciągu całego roku, a przeważnie w drugiej jego połowie. Denning naliczył rojów takich 173; często jednej nocy spotykają się prądy gwiazd spadających, do różnych zbiorowisk, do różnych rojów należące. Różnym rojom nadajemy nazwy zależne od miejsca na niebie, gdzie ich punkt promieniowania przypada; prąd sierpniowy czyli Św. Wawrzyńca nazywamy *perseidami*, prąd listopadowy *leonidami*, dlatego, że pierwsze wybiegają z punktu położonego w gwiazdozbiorze

Perseusza (obok jego gwiazdy η), drugie zaś z gwiazdozbioru Lwa (z okolicy jego gwiazdy γ). Oprócz tych dwu głównych, obfite w gwiazdy spadające są i inne jeszcze roje meteorów, jak: w styczniu d. 2—3, z gwiazdozbioru Herkulesa *(kwadrantydy)*, w kwietuiu 9—11 z Liry *(lirydy)*, w lipcu 25—30 z Łabędzia *(cygnidy)*, w październiku 15—23 z Oriona *(orionidy)* i Byka *(taurydy)*, w listopadzie 27—29 z Andromedy *(bielidy)*, w grudniu 6—13 z Bliźniąt *(geminidy)*.

Rozmaite roje przedstawiają pewne odrębne cechy co do wielkości, blasku, szybkości biegu meteorów, główna wszakże różnica polega na tem, że u jednych prąd corocznie powtarza się z jednakiem natężeniem, gdy tymczasem u drugich występuje pewna zmienność co do obfitości gwiazd; przez długie lata prąd przedstawia natężenie nieznaczne, jednostajne, naraz zaś, pewnego roku, obfitość jego wzrasta, a potem znowu słabnie. Wiemy już, że właściwość ta rozróżnia dwa główne prądy: sierpniowy i listopadowy. Gdy pierwszy każdego roku wraca z jednakową siłą, prąd listopadowy występuje w całej okazałości tylko co 33 lub 34 lata.

Peryodyczność roju listopadowego zwracała na siebie uwagę od czasu, gdy świetny po-

tok ognisty r. 1799 powtórzył się w r. 1833. Newton—mówimy tu zawsze o współczesnym astronomie amerykańskim—na podstawie dawnych roczników wykazał, że zjawisko to obserwowano też w czasach dawniejszych i można je śledzić o tysiąc lat wstecz, a z poszukiwań tych wywnioskował, że rój meteoroidów, powodujący prąd listopadowy, krąży dokoła słońca po elipsie wydłużonej i krzyżuje drogę ziemi w tem miejscu, gdzie ona teraz przypada dnia 13 listopada. Rój ten jest w jednem miejscu najgęściej zwarty, ale oddzielne jego bryły rozrzucone są i po całej drodze; mamy tedy 13 listopada prąd coroczny, ale najwspanialej występuje on co lat 33, gdy ziemia z głównem jądrem się spotyka, jak to miało miejsce w r. 1799, 1833, 1866 i powtórzy się znowu w r. 1899. Ponieważ wszakże rój ten zajmuje znaczną na swej drodze przestrzeń, w ciągu przeto kilku lat po sobie idących zjawisko to występować może z silniejszem natężeniem, aniżeli w latach innych.

Z obserwacyj tych nie wypływa wszakże jeszcze bezpośrednio, by czas obiegu roju listopadowego dokoła słońca wynosił koniecznie 33 lata; mógłby on być daleko krótszym, ograniczonym ledwie do roku jednego i 11 dni. W tym razie rój, który Humboldt widział 12-go

listopada 1799 r., przeciąłby drogę ziemi znowu 23 listopada 1800 r., ale wtedy jużby ziemi w punkcie tym nie napotkał, już bowiem dalej na swej drodze pomknęła. W roku 1801 znów rój skrzyżowałby drogę ziemi dopiero 4 grudnia i wogóle każdego roku spóźniałby się o dni jedenaście, skąd łatwo obliczyć można, że dopiero po 33 obiegach w ciągu 34 lat znalazłby się ponownie na drodze ziemi w połowie listopada, to jest w chwili, gdy ziemia tam przybywa; wtedy też dopiero mógłby się powtórzyć ów świetny prąd gwiazd spadających, jaki rzeczywiście nastąpił w r. 1833.

Poszukiwania wszakże Newtona wykazały jeszcze jeden szczegół, a mianowicie, że w każdem dawniejszem stuleciu zjawisko to przypadało o kilka dni wcześniej; gdy w roku 1790 i 1833 miało ono miejsce 12 i 13 listopada, to w r. 902, do którego odnosi się najdawniejsza wzmianka przez Newtona odszukana, rój napotkał już ziemię 12 października (starego stylu). Znaczy to, że z biegiem czasu droga roju ulega pewnym zboczeniom, które znów wywoływane być mogą jedynie przez wpływ planet, w pobliżu których rój ten przebiega. Na tej zasadzie można już było obliczyć istotną jego drogę, a rachunki te, przeprowadzone przez Adamsa, Leverriera i Schia-

parelliego, okazały, że zboczenia podobne zachodzić mogą w tym tylko razie, jeżeli drogą

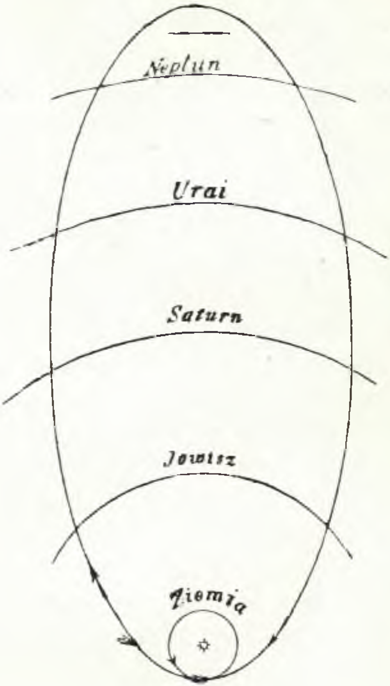


Fig 33. Droga roju listopadowego i komety Templa.

roju jest elipsa wydłużona (fig. 33), którą on obiega w ciągu $33^1/_4$ lat.

Droga więc tego roju meteorycznego jest

zupełnie podobną do drogi komet, jest tegoż samego rodzaju elipsą wydłużoną. Podobieństwo zaś dróg nasuwa znów domysł o pokrewieństwie komet i meteorów, jak to przypuszczał już niegdyś Chladni i Kirkwood, a co też następnie ujawniły i badania spektralne.

Domysł ten w niespodziewany sposób zyskał świetne potwierdzenie. Ledwie bowiem w r. 1867 Leverrier i Schiaparelli ogłosili obliczenia drogi roju listopadowego, kilku astronomów zwróciło uwagę, że schodzi się ona zupełnie z obliczoną przez Oppolzera drogą komety odkrytej w roku poprzednim przez Templa (1866 I), a która przez punkt przysłoneczny przeszła o dziesięć miesięcy wcześniej, aniżeli rój listopadowy. Meteory zatem listopadowe czyli leonidy i kometa r. 1866 biegną po jednej wspólnej drodze. Zejście się to nie może być przypadkowe; w przestrzeni świata tyle jest miejsca, że ciała niebieskie po jednej drodze biegnące są niewątpliwie wspólnym węzłem złączone. Tym sposobem uzasadniony został związek komet z gwiazdami spadającemi w tym jednym przypadku, ale wkrótce poznano, że i rojowi sierpniowemu towarzyszy kometa. Drogą tego roju, obliczoną także przez Schiaparellego, jest elipsa bardziej jeszcze wydłużona (fig. 34), którą rój

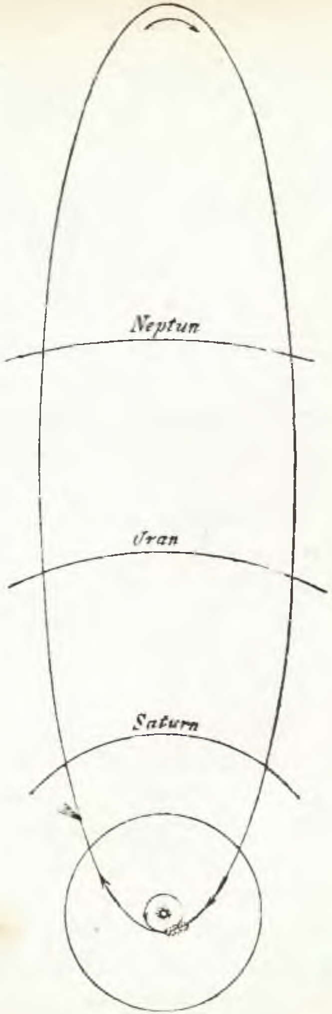


Fig. 34. Droga roju sierpniowego i komety Tuttle'a.

obiega w ciągu 108 lat, a po tejże samej drodze krąży świetna nawet kometa, odkryta w r. 1862 przez Tuttle'a (1862 III). Według obliczeń Oppolzera na obieg swój dokoła słońca łoży ona lat 121, co stanowi dosyć znaczne odstępstwo od czasu obiegu roju perseidów; różnica ta wszakże razić nas nie będzie, gdy przypomnimy tu trudności zachodzące przy obliczeniu wydłużonych biegów eliptycznych; wszystkie inne szczegóły obu dróg są zupełnie zgodne, a wspólność ich jest niewątpliwa.

Drogi leonidów i perseidów przypadają na płaszczyznach różnych, a pochylenie ich względem płaszczyzny ekliptyki, czyli drogi ziemi dokoła słońca, podaje fig. 35. Oba te roje, podobnie jak i towarzyszące im komety, mają bieg wsteczny, czyli przeciwny kierunkowi, w jakim sunie ziemia w rocznym swym ruchu, co zaznaczają strzałki na rycinie.

Pomiędzy obu prądami ta przeto tylko pozostaje różnica, że meteory sierpniowe rozsypane są niemal jednostajnie po swej drodze, ziemia więc corocznie napotyka je w jednakiej obfitości, gdy meteory listopadowe, lubo także wypełniają już całą drogę, w jednej okolicy przeważnie są skupione. To rzuca nowe światło na ich początek. Rój taki nie należał pierwotnie do układu słonecznego, unosił się

w sferach dalekich i za pomocą lunety mógł się przedstawiać jako mgławica, jako kometa teleskopowa, jako obłoczek materyi kosmicznej.



Fig. 35. Pochylenie dróg obu rojów meteorycznych względem drogi ziemi.

Biegł on samopas w przestrzeni światowej, przechodząc śród słońc niezliczonych, w wszechświecie rozrzuconych. Słońce, wraz z całym orszakiem swych planet także się w przestrze-

ni przesuwa, mgławica łatwo tedy znaleźć się mogła w pobliżu naszego układu tak dalece, że uległa wpływowi przyciągania słońca lub którejkolwiek planety; wtedy wtrąconą została w nasz układ słoneczny i rozpoczęła stateczny obieg swój dokoła życiodawczej naszej gwiazdy. W peryodzie tym kulista może pierwotnie jej postać musiała się zwolna zatracać; cząstki bowiem bliższe słońca opisują drogi krótsze, poruszają się prędzej niż dalsze, wyprzedzają je, gdy znów bryły na drugim mieszczące się brzegu, dalsze od słońca, mają dłuższe do przebieżenia drogi, pozostają jakby marudery poza główną masą, a zwolna tworzy się rój wydłużony, którego oddzielne cząstki stopniowo rozsypują się po całej drodze. Ziemia o jednej porze roku wraca zawsze do tegoż samego położenia względem słońca, przecina zawsze w jednem miejscu drogę owego roju, a tem samem napotyka większą lub mniejszą ilość meteorów, stosownie do tego, czy w punkcie tym znajduje główną masę roju, czy też rozproszone jego części. Zwolna drobne te ciała coraz bardziej rozprzestrzeniać się muszą po całej drodze, a gęstość głównej masy coraz bardziej słabnie; wreszcie masa centralna ginie zupełnie, meteory jednostajne wypełniają całą drogę, a rój ostatecznie roz-

wija się w „pierścień“ meteorytów. Prąd tedy gwiazd spadających, przez rój ten powodowany, coraz się ujednostajnia, aż nakoniec zjawisko corocznie występować będzie z jednakiem już natężeniem. W ogólności tedy stopień rozpraszania meteorów po ich drodze daje skazówkę czasu, w którym rój do układu słonecznego wtrąconym został; według tego rój sierpniowy jest pochodzenia daleko starszego, aniżeli listopadowy; Leverrier sądzi, że ten ostatni dostał się do naszego układu dopiero w drugim wieku po Chrystusie, porwany wpywem planety Urana.

Dalszy przykład powinowactwa komet z gwiazdami spadającemi daje nam kometa Bieli, której, jak przypominamy sobie, nie widziano już od 1852 r. (str. 58). W r. 1872 było rzeczą już niewątpliwą, że kometa ta uległa zagładzie; części jej, dotąd skupione, rozbiegły się i rozproszyły. W takim wszakże razie szczątki jej istnieć musiały rozrzucone po drodze, którą kometa ta dotąd biegła. Droga ta przecinała się z ekliptyką w tym punkcie, w którym ziemia znajduje się corocznie dnia 27 listopada, można tedy było przypuszczać, że w tym właśnie czasie napotkać winniśmy szczątki zatraconej komety Bieli. W samej też rzeczy dnia tego zajaśniał nader obfity

prąd gwiazd spadających, meteory tysiącami przebiegały niebo, w Turynie naliczono ich co najmniej 30 000 w ciągu sześciu godzin; wybiegały zaś wszystkie z jednej okolicy nieba, z punktu położonego w pobliżu gwiazdy β Andromedy, co świadczyło, że droga ich zbiega się istotnie z drogą rzeczonej komety. Były to więc niewątpliwie jej szczątki; kometa rozproszyła się, rozsypała w prąd meteorów, w rój drobnych bryłek kosmicznych. Z większą nawet jeszcze wspaniałością powtórzyło się toż samo zjawisko w końcu listopada 1855 roku, podobnie jak i w r. 1892, co wskazuje, że rój „bielidów“, czyli meteorów z komety Bieli powstałych, jeszcze na obfitości nie stracił, zbyt się jeszcze po dawnej drodze komety nie rozproszył. Ostatni ten wszakże spadek bielidów miał miejsce niezupełnie dnia tego, gdy go oczekiwano, to jest 27 listopada, ale wystąpił nieco wcześniej, w nocy z dnia 23 na 24 listopada. Zmianę tę spowodowały zakłócenia, jakim rój uległ, wskutek czego punkt przecięcia się jego z drogą ziemi przesunął się o 3,4°, co przyspieszyło zjawisko o 3 dni. W Europie wprawdzie dnia wspomnianego niebo było silnie zachmurzone, w Ameryce wszakże, w wielu okolicach, wystąpiło z uderzającą wspaniałością. Obserwator pewien,

który się znajdował na okręcie w południowej stronie wyspy Haiti, liczył gwiazdy spadające, leżąc na wznak i co pięć minut zwracając się ku innej szóstej części nieba. Na minutę przypadało około stu gwiazd na całą przestrzeń widzianego nieba, w ciągu więc sześciu godzin swoich dostrzeżeń obserwator ten widział 40000 gwiazd spadających. Podobnyż spadek bielidów powtórzy się i w r. 1899, obieg bowiem roju, jak dawnej komety, trwa około lat siedmiu, nastąpi zaś również 23—24 listopada. gdyż zakłócenia, zależące głównie od wpływu Jowisza, powtórzą się dopiero po upływie znaczniejszego przeciągu czasu. Rozkład zresztą komety Bieli rozpoczął się zapewne znacznie wcześniej przed jej rozdziałem na dwie części w r. 1846, w związku bowiem z nią są też niewątpliwie obfite spadki gwiazd w początkach grudnia 1798 i 1838, o których się pamięć przechowała; wkrótce też po spadku gwiazd 1872 r. dostrzegł Pogson w Madras przedmiot do komety podobny, który być mógł również strzępem komety Bieli. Być zresztą może, jak za tem pewne względy przemawiają, że kometa ta była już tylko częścią komety większej, która się dawno rozpadła i której odłamy dotąd jako oddzielne komety krążą dokoła słońca.

Przytoczone tu przypadki nie są bynajmniej wyjątkowe, znaczna bowiem liczba rojów meteorycznych okazuje niewątpliwe powinowactwo dróg swoich z drogami pewnych komet.

XI.

Zapowiedziany koniec świata.

Obecny stan nauki związał w jednę kategoryę komety i meteory, które niedawno jeszcze tak odrębnemi wydawały się zjawiskami. Pomimo okazałych swych objawów, pomimo ogromu swego i niewątpliwej w bezmiarach wszechświata obfitości, zajmują komety podrzędne, jakby bez znaczenia żadnego stanowisko wobec słońc potężnych, które na firmamencie niebieskim jaśnieją, wobec ich planet i księżyców, — zbiorowiska zapewne drobiazgów wątłych, obłoki okruchów meteorycznych, strzępy może pierwotnej materyi kosmicznej, z której się światy wyłoniły. Oddawna już nie są rózgą na niebie, zwiastunem kary, zapowiedzią nieszczęść; odkąd jednak poznano, że drogi ich krzyżować się mogą z drogą ziemi, przerażała nieraz ludzi myśl, że kometa

potrącić może w biegu swym o planetę naszą, rozbić ją, spowodować jej zagładę, koniec świata sprowadzić. I obecnie nawet rzekomy prorok pogody, słynny Falb, zapowiedział katastrofę podobnego spotkania się komety z ziemią naszą na rok 1899. Na sam schyłek stulecia zatem, niepoprzestając już na straszeniu nas przepowiedniami burz i trzęsień ziemi, zapragnął widocznie tym razem wywołać efekt silniejszy.

Przepowiednia ta tyczy się komety nam już znanej: jest to drobna, teleskopowa kometa Templa, która towarzyszy rojowi listopadowemu gwiazd spadających i wróci w roku 1899. Droga komety tej, podobnie jak droga roju listopadowego, przerzyna rzeczywiście drogę ziemi, a przynajmniej kometa przebiega w niewielkiej od drogi tej odległości; skrzyżowanie wszakże dróg nie znaczy jeszcze, by krążące po nich bryły już tem samem spotykać się miały, jak nie rozbijają się przecież nawzajem i nie roztrącają pociągi, po krzyżujących się linijach dróg żelaznych biegnące. Czas obiegu komety wynosi według obliczeń Oppolzera lat 33,18, a okres ten pozwala dalej wnieść, że przy powrocie komety w roku 1899 odległość między nią a ziemią znaczniejszą będzie, aniżeli przy przejściu jej

przez punkt przysłoneczny w r. 1866. Choćby wszakże w rachunkach tych tkwiła niedokładność pewna, co, jak wiemy, przy obliczeniach dróg kometarnych jest zawsze możliwe, to, zarówno ziemia jak i kometa tak szybko mkną po swych drogach, że prawdopodobieństwo ich spotkania jest tak małe, jak przypuszczenie, że strzelec ociemniały, dający na chybi trafi ognia w powietrze, ptaka zabije.

Gdyby zresztą, pomimo prawdopodobieństwa tak słabego, nastąpiło istotnie zetknięcie komety tej z ziemią, z niebezpieczeństwa tego wyszlibyśmy jeszcze cało. Ziemia przechodziła już niewątpliwie przez ogon komety, a w szczególności 26 czerwca 1861 roku znajdowała się prawdopodobnie w ogonie znanej nam wielkiej komety; spotkanie z jądrem wielkiej komety byłoby zapewne groźniejszem, ale kometa Templa jest to drobna, niepozorna kometa, która w wielokrotnych już swych dokoła słońca obiegach przeważną część substancyi swej straciła, a spotkawszy się z ziemią, zasypałaby niebo nasze obfitym prądem gwiazd spadających, któryby nas wspaniałością swą olśnił i pozostawił żal, że tak krótkotrwałem jedynie był zjawiskiem. Gdy wszakże tylokrotnie przeszła już koło nas, niedostrzeżona nawet przez astronomów, którzy ją dopiero

przy ostatniem przejściu w r. 1866 odkryli, minie i teraz również cicho, nieozdobiwszy bynajmniej schyłku dziewiętnastego stulecia nadzwyczajnem zjawiskiem astronomicznem.

KONIEC.

SPIS RYCIN.

		str.
1.	Kometa Enckego	2
2.	Kometa Brorsena	3
3.	Kometa Donatiego	5
4.	Kierunek ogonów komet względem słońca	7
5.	Głowa komety Donatiego	8
6.	Kometa wachlarzowa 1861 r.	9
7.	Głowa komety w r. 1861.	10
8.	Kometa 1744 r. o sześciu ogonach . .	12
9.	Elipsa, parabola i hyperbola	16
10.	Wielka kometa 1843 r.	24
11.	Widma komet i węglowodorów . . .	34
12.	Kometa 1823 r.	44
13 / 14	Kometa Halleya	48
15.	Droga komety Halleya	50
16.	Kometa z r. 1811	56
17.	Kometa Bieli w 1846 r	58
18.	Kometa Brooksa w 1889 r.	62
19.	Przebieg gwiazd spadających	71
20.	Przebieg bolidu 29 lipca 1894 r. . . .	75
21.	Bolid pułtuski, 30 stycznia 1868 r. . .	77
22.	Odłamek aerolitu pułtuskiego	82

str.

23. Odłamek żelaza Pallasa 84
24. Olbrzymi aerolit grenlandzki 87
25. Wydobycie aerolitu grenlandzkiego we wrześniu 1807 r. 88
26. Figury Waldmannstättena 89
27. Chondryt 91
28 Pieczęć z aerolitu pułtuskiego 93
29. Rój drobnych meteorów 98
30. Oznaczanie wysokości punktu niedostępnego 100
31. Spadek meteorów w godzinach rannych i wieczornych 103
32. Bieg aerolitu spadającego na ziemię . . 107
33. Droga roju listopadowego i komety Templa 115
34. Droga roju sierpniowego i komety Tuttle'a 117
35. Pochylenie dróg obu rojów meteorycznych względem drogi ziemi 119

SPIS ROZDZIAŁÓW.

		str.
I.	Ogólne objawy komet	1
II.	Drogi komet	13
III.	Budowa fizyczna komet	32
IV.	Komety w dziejach nauki pamiętne .	46
V.	Meteory i dawne o nich pojęcia . .	64
VI.	Gwiazdy spadające	69
VII.	Bolidy czyli kule ogniste	74
VIII.	Aerolity	80
IX.	Przebieg meteorów przez atmosferę .	94
X.	Łączność komet i meteorów	108
XI.	Zapowiedziany koniec świata . . .	124